

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR



**FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN REDES DE COMUNICACIÓN**

INFORME FINAL CASO DE ESTUDIO PARA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL

TEMA:

**“ESTUDIO PARA LA PROVISIÓN DE INTERNET SOBRE REDES HFC DEL SERVICIO DE AUDIO Y VIDEO POR
SUSCRIPCIÓN PARA OPERADORES LOCALES EN ECUADOR – CASO DE ESTUDIO”**

Verónica Patricia Escobar Caiza

Quito – 2016

AUTORÍA

Yo, *Verónica Patricia Escobar Caiza*, portador de la cédula de ciudadanía No.**1715674188**, declaro bajo juramento que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y que se he respetado las diferentes fuentes de información realizando las citas correspondientes. Esta investigación no contiene plagio alguno y es resultado de un trabajo serio desarrollado en su totalidad por mi persona.

Verónica Patricia Escobar Caiza

Tabla de Contenidos

AUTORÍA.....	i
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. JUSTIFICACIÓN	2
3. ANTECEDENTES	2
4. OBJETIVOS.....	4
5. DESARROLLO CASO DE ESTUDIO.....	4
5.1. ESTADO DEL ARTE	4
5.1.1. Evolución de las Redes de Televisión por Cable CATV	4
5.1.1.1. Arquitectura de un Sistema de Audio y Video por Suscripción bajo la modalidad de Cable físico	6
5.1.1.2. Cable Coaxial	11
5.1.2. Redes HFC	12
5.1.2.1. Arquitectura de una red HFC	13
5.1.3. Estándar DOCSIS	17
5.1.4. Servicio de acceso a Internet de banda ancha.....	20
5.2. EVALUACIÓN DE LOS SERVICIOS DE AUDIO Y VIDEO POR SUSCRIPCIÓN Y ACCESO A INTERNET EN ECUADOR.....	21
5.2.1. Marco regulatorio	21
5.2.2. Servicio de Audio y Video por suscripción	25
5.2.3. Servicio de Acceso a Internet.....	29
5.3. REDES HÍBRIDAS FIBRA ÓPTICA – CABLE COAXIAL PARA ACCESO A INTERNET.....	31
5.3.1. Topología de una red HFC con estándar DOCSIS	34
5.3.2. Estándar DOCSIS	38
5.3.2.1. Evolución	38
5.3.2.2. Características	40
5.3.2. Escalabilidad en redes HFC – DOCSIS 3.0.....	44
5.3.2.1. Arquitectura Modular M-CMTS	46
5.3.2.2. Channel Bonding	49
5.3.3. El futuro de DOCSIS.....	50

5.4. ANÁLISIS PARA LA MIGRACIÓN DE UNA RED HFC PARA PROVEER ACCESO A INTERNET	53
5.4.1. Descripción de la Situación actual	53
5.4.2. El potencial de las redes HFC	56
5.4.3. Mercado objetivo.....	58
5.4.3. Servicios a ofertar	61
5.4.3.1. Servicio de televisión por suscripción en modalidad de cable físico	61
5.4.3.2. Servicio de Acceso a Internet.....	63
5.5. ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA.....	66
5.5.1. Viabilidad Técnica	66
5.5.2. Viabilidad económica	72
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	75
6.1. CONCLUSIONES.....	75
6.2. RECOMENDACIONES.....	77
Bibliografía:	78

Índice de Figuras

<i>Figura 1.- Zona de Sombra.....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 2.- Topología Tree and Branch.....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 3.- Arquitectura de una Red CATV</i>	<i>8</i>
<i>Figura 4.- Elementos de un Head End.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 5.- Cable Coaxial.....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 6.- Arquitectura de una Red HFC</i>	<i>13</i>
<i>Figura 7.- Nodos Ópticos</i>	<i>15</i>
<i>Figura 8.- Tráfico IP a través del sistema de datos sobre cable.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 9.- Velocidades por medio de transmisión.</i>	<i>20</i>
<i>Figura 10.- Modalidades de Servicio de Audio y Video por Suscripción.</i>	<i>22</i>
<i>Figura 11.- Participación del mercado de audio y video por suscripción.</i>	<i>25</i>
<i>Figura 12.- Porcentaje de permisionarios de audio y video por suscripción.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 13.- Participación del mercado de SAV por proveedores.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 14.- Cobertura de AVS por provincia.</i>	<i>27</i>
<i>Figura 15.- Evolución del mercado del servicio de audio y video por suscripción por modalidad.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 16.- Porcentaje de penetración del SAV 2010-2016.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 17.- Densidad de hogares que acceden a Internet.</i>	<i>29</i>
<i>Figura 18.- Cuentas totales de Internet fijo.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 19.- Participación del mercado de Permisionarios de Internet Fijo.</i>	<i>30</i>
<i>Figura 20.- Porcentaje e equipamiento tecnológico hogares Ecuador 2013.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 21.- Arquitectura de una red HFC.</i>	<i>32</i>
<i>Figura 22.- Distribución de espectro para red HFC.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 23.- Arquitectura de una red HFC con estándar DOCSIS.</i>	<i>34</i>
<i>Figura 24.- Procesamiento de señal upstream.</i>	<i>37</i>
<i>Figura 25.- Servicios DOCSIS 1.x</i>	<i>39</i>
<i>Figura 26.- Correspondencia de DOCSIS con el Modelo OSI</i>	<i>44</i>
<i>Figura 27.- Downstream y upstream con DOCSIS.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 28.- Arquitectura de un M-CMTS.....</i>	<i>47</i>

<i>Figura 29.- Arquitectura de un M-CMTS.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 30.- Ley de Nielsen.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 31.- Penetración TV por Suscripción en América Latina.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 32.- Predicción de la Penetración TV por Suscripción en América Latina.</i>	<i>54</i>
<i>Figura 33.- Evolución del porcentaje de penetración del servicio de audio y video por suscripción en Ecuador.</i>	<i>55</i>
<i>Figura 34.- Motivos de deserción de clientes.</i>	<i>59</i>
<i>Figura 35.- Porcentaje de Churn por Sector empresarial.</i>	<i>60</i>
<i>Figura 36.- Acceso a Internet Urbano vs. Rural.</i>	<i>61</i>
<i>Figura 37.- Proyección de suscripciones a OTT y CATV.</i>	<i>62</i>
<i>Figura 38.- Conexiones que utilizan en Ecuador para conectarse a Netflix.</i>	<i>63</i>
<i>Figura 39.- Comparativo de velocidades por tecnología.</i>	<i>63</i>
<i>Figura 40.- Topología de Red HFC para provisión de TV paga.</i>	<i>66</i>
<i>Figura 41.- Topología de Red HFC para provisión de servicios multiplay.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 42.- Equipamiento adicional</i>	<i>68</i>
<i>Figura 43.- Equipamiento en el lado del usuario</i>	<i>69</i>
<i>Figura 44.- Espectro para red HFC bidireccional</i>	<i>70</i>
<i>Figura 45.- Pendiente.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 46.- Conexiones HFC a nivel nacional.</i>	<i>72</i>
<i>Figura 47.- CMTS y Cable Modem marca CISCO.....</i>	<i>73</i>

Índice de Tablas

<i>Tabla 1.- Características del Cable Coaxial</i>	<i>12</i>
<i>Tabla 2.- Cuadro comparativo de velocidades de bajada para DOCSIS 1.X en Europa y en Estados Unidos</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 3.- Cuadro comparativo de velocidades para los diferentes estándares DOCSIS.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 4.- Ancho de banda requerido para formatos de TV</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 5.- Capa Física PHY del estándar DOCSIS.</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 6.- Comparación de velocidades en la evolución del estándar DOCSIS.</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 7.- DOCSIS 3.1 vs. DOCSIS 3.0.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 8.- Top ten de proveedores de televisión por cable por número de suscripciones.</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 9.- Comparación entre HFC y FTTH.</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 10.- Condiciones del título habilitante.</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 11.- Derechos de otorgamiento para Portadores.</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 12.- Precio de un CMTS marca CISCO.</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 13.- Estimación de costos de un CMTS y Cable Modem marca CISCO.</i>	<i>74</i>

1. INTRODUCCIÓN

En Ecuador los Sistemas de Audio y Video por Suscripción en la modalidad de cable físico brindan cobertura a poblaciones donde los servicios de telecomunicaciones no han alcanzado su mayor desarrollo debido a diversos factores, lo que a su vez podría convertirse en un nicho de mercado por explotar. El presente trabajo efectúa una propuesta de un escenario convergente en nuestro país, y las ventajas competitivas que constituyen las redes HFC para la ampliación del acceso a distintos servicios de telecomunicaciones.

La televisión por cable proporciona un medio de transporte para las señales de televisión a través de cable coaxial y desde hace varios años se emplea también fibra óptica principalmente en la red troncal, convirtiéndolas en redes híbridas con mejores prestaciones. A nivel mundial la televisión pagada se encuentra ampliamente extendida convirtiéndose en una potencial alternativa para ampliar los servicios hacia la provisión de datos, aprovechando el mismo medio de transmisión, lo que constituye una reducción sustancial de costos.

Desde hace varios años CableLabs, un organismo sin fines de lucro reconocido internacionalmente por su trabajo de investigación y desarrollo de tecnología para la industria de cable, publicó el estándar DOCSIS¹, que actualmente se encuentra en su versión 3.0 de implementación y versión 3.1 en fase de pruebas, este estándar emite recomendaciones para que los operadores de cable puedan ofrecer servicios de banda ancha y datos a través de las redes HFC.

Esta alternativa se ha convertido en una migración casi obligada para los proveedores de servicios de televisión por suscripción, pues como lo demuestra la tenencia mundial, el porcentaje de penetración de la televisión pagada ha tenido un crecimiento exponencial durante los últimos años, sin embargo se prevé que para los próximos años esa tendencia empiece a mantenerse estática y posiblemente decrezca por la inminente crecimiento de la “televisión everywhere”, OTT², VoD sobre redes de banda ancha.

En materia de regulación el año pasado se emitió la Ley Orgánica de Telecomunicaciones en la cual se recogen conceptos innovadores relacionados con convergencia de redes, servicios y equipos; así como la neutralidad de red, armonizando de esta forma la regulación aplicable en nuestro país con la evolución tecnológica a nivel mundial.

¹ Data Over Services Interface Specification (Especificación de Interfaz para Servicios de Datos por Cable)

² Over the top.

Con esta visión, se consideró pertinente analizar cómo caso de estudio *“la provisión de Internet sobre redes HFC del servicio de audio y video por suscripción para operadores locales en Ecuador”*, procurando que el presente trabajo constituya un instrumento de análisis de las alternativas disponible para alcanzar una competencia efectiva en un mercado convergente, haciendo uso del incesante desarrollo tecnológico y a su vez trasladando sus ventajas a los usuarios y operadores.

2. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de las redes para la prestación de servicios de telecomunicaciones ha evolucionado rápidamente, siendo el acceso a través de fibra óptica la alternativa que actualmente ofrece mejores prestaciones, mejorando su eficiencia en función del acercamiento de la fibra óptica al usuario final.

Actualmente los sistemas de audio y video por suscripción en la modalidad de cable físico son en ciertos casos la única alternativa para satisfacer la demanda del servicio de televisión abierta, que debido a la geografía de nuestro país y las limitaciones tecnológicas de la televisión analógica no ha podido ser satisfecha a pesar de los esfuerzos tanto de los concesionarios como del ente regulador de la telecomunicaciones en Ecuador.

Analizando de forma particular el mercado del servicio de audio y video por suscripción en nuestro país, se determina que la mayor parte de proveedores tienen un ámbito local, es decir, mantienen menos de 5000 suscriptores cautivos, vinculando de forma estricta la rentabilidad respecto a la captura casi total del mercado objetivo. Por otro lado los proveedores de televisión pagada que acaparan el mercado han evolucionado de la mano de la tecnología, poniéndolos en evidente ventaja a través de la provisión de servicios sobre una red convergente.

3. ANTECEDENTES

La televisión por cable CATV (Community Antenna Television) tiene su origen en los Estados Unidos en los años 40, es un servicio originalmente concebido para proveer servicio local a poblaciones sin cobertura de televisión abierta. El servicio de televisión por suscripción sustituye la antena de televisión requerida para receptar la señal abierta de los canales por un medio físico que llega hasta el equipo terminal del usuario, generalmente cable coaxial y desde hace pocos años fibra óptica a través del cual se envían señales de televisión y radio. La arquitectura de estas redes es diversa, usualmente las redes de cable coaxial presentan una arquitectura árbol-rama, limitando el despliegue debido a la necesidad de utilizar amplificadores en cascada cada cierta distancia (entre 250 y 500 metros), sin embargo cada etapa de amplificación adiciona distorsión al canal

de transmisión reduciendo su capacidad. Por otro lado la interactividad del usuario final es reducida debido a las dificultades técnicas para mantener un adecuado canal de retorno.

Con la llegada de la fibra óptica a las redes de los CATV que transmite la información a la velocidad de la luz, las dificultades descritas fueron superadas, puesto que sus características propias permitieron alcanzar mayores velocidades, disminuir las pérdidas y a su vez reducir la instalación de amplificadores. Además se superó con solvencia el problema del canal de retorno, permitiendo al usuario final acceder a una verdadera experiencia de interactividad.

Hoy en día las ventajas competitivas de las redes híbridas de cable coaxial - fibra óptica constituyen una ventaja en un mercado cada vez más competitivo, en el cual a nivel mundial se tiende a la convergencia de redes, servicios y equipos.

Así con la finalidad de armonizar la normativa relacionada al ámbito de las telecomunicaciones y uso del espectro radioeléctrico, en febrero del 2015 se expidió la Ley Orgánica de Telecomunicaciones y en diciembre del mismo año el Reglamento General a la Ley, donde se plasma la regulación que promueve como parte de sus principios fundamentales la convergencia de redes, servicios y equipos y la neutralidad de red.

Esta Ley define al Sistema de audio y vídeo por suscripción como un servicio que transmite y eventualmente recibe señales de imagen, sonido, multimedia y datos destinados exclusivamente a un público particular de abonados, para lo cual se requerirá una autorización emitida por la Agencia de Regulación y control de las Telecomunicaciones. (CRE³, 2008)

Analizando el mercado actual de los servicios de audio y video por suscripción, es evidente que los proveedores que dominan el mercado son aquellos que ofrecen una amplia gama de servicios con precios competitivos, provocando que el servicio de audio y video por suscripción en modalidad de cable físico se mantengan prácticamente estáticos.

Por tanto, considerando las ventajas que proporciona la implementación de una red HFC, se propone presentar una alternativa para el despliegue de esta infraestructura para proveedores cuyo mercado objetivo es menor a los 5000 suscriptores, proporcionando un estudio que les permita valorar las ventajas tecnológicas que se pueden potenciar en las redes HFC con el uso del estándar DOCSIS en su versión 3.0 para la provisión de datos sobre la red de cable alcanzando altas velocidades de transmisión, para lo cual se propone

³ Constitución de la República del Ecuador

efectuar un análisis del equipamiento mínimo requerido y el análisis económico respectivo.

4. OBJETIVOS

Objetivo General:

Evaluar la factibilidad de proveer el servicio de Acceso a Internet utilizando las redes HFC de los proveedores locales de audio y video por suscripción en modalidad de cable físico, como alternativa tecnológica para el acceso a la Banda Ancha en ciudades menos atendidas.

Objetivos Específicos:

1. Analizar el estado del arte de las tecnologías de Televisión por Cable y su integración con el estándar DOCSIS.
2. Determinar la evolución del mercado de los sistemas de audio y video por suscripción en modalidad de cable físico y del acceso a Internet de banda ancha.
3. Identificar el tamaño del mercado local para redes CATV que soporten tráfico de datos.
4. Dimensionar los requerimientos mínimos de infraestructura demandados para la implementación de una red HFC para la provisión de acceso a Internet.
5. Analizar la viabilidad técnica y económica.

5. DESARROLLO CASO DE ESTUDIO

5.1. ESTADO DEL ARTE

5.1.1. Evolución de las Redes de Televisión por Cable CATV

A finales de los años 40's surgieron en Estados Unidos lo que se podría denominar como las primeras redes de televisión por cable, por un lado en Oregon se montó una pequeña red constituida por un sistema de antenas, amplificadores y mezcladores de señal, finalmente esta señal se distribuía mediante cable a los vecinos sustituyendo la necesidad de antenas y proporcionando una señal con cierto nivel de calidad. Años más tarde se convirtió en una solución para poblaciones que debido a las condiciones topográficas tenían deficiente o nula recepción de señales de televisión abierta, fue el caso de Pennsylvania que debido a su adversa geografía no receptaba las señales de las estaciones más cercanas provenientes de Philadelphia, por lo que se instala una red de cable coaxial para brindar servicio a un poblado entero, básicamente como las redes actuales.

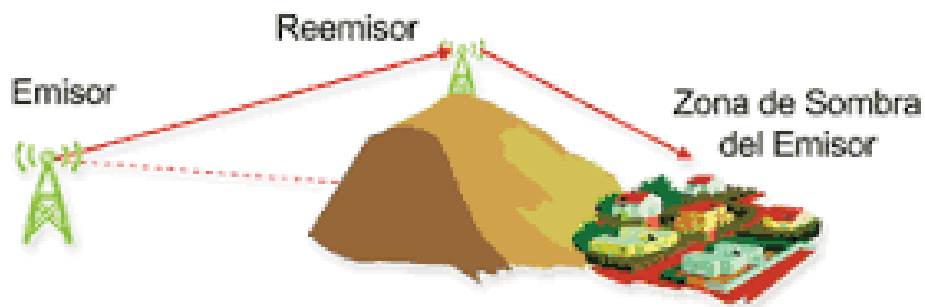


Figura 1.- Zona de Sombra

Fuente: La solución para afrontar situaciones adversas en un reemisor (2010)⁴

En Europa las primeras redes de televisión por cable aparecieron en los años 80, para satisfacer la necesidad de cobertura de señales de televisión terrestre en sectores con deficiente o nula recepción, su objetivo principal era distribuir señales empleando una antena comunitaria ubicada en un sitio alto.

Las redes de TV por cable originalmente fueron concebidas para proveer servicio de televisión terrestre de forma local, sin embargo la evolución tecnológica hoy en día ofrece muchos más servicios y funcionalidades.

En América Latina el principal objetivo de la televisión por cable en sus inicios era la retransmisión de señales locales mejorando su calidad y transmitiendo información de trascendencia local; posteriormente el panorama fue expandiéndose evidenciando la

⁴ Select TV: La solución para afrontar situaciones adversas en un reemisor (2010). Recuperado de <http://www.promax.es>

oportunidad de transmitir además contenidos variados como retransmisión de deportes, películas, documentales, es decir, se debía incluir en las grillas de programación contenidos generados en el extranjero. Para ese momento en América Latina se había tornado común la instalación de antenas parabólicas de diferentes tamaños que ofrecían a través de un pago único por instalación la provisión de varios canales de forma gratuita; mientras que por el otro lado los cableoperadores debían pagar por derechos de autor para retransmitir dicha programación.

La alternativa para superar esta competencia desleal, era ofertar programación de calidad que no estaba disponible de forma gratuita y cuyo objetivo era un mercado selecto de usuarios. Obviamente esta estrategia fue de la mano con regulación específica que apoyaba el combate a la piratería.

HBO Olé de Estados Unidos fue la empresa pionera en emitir su señal en Brasil en el año de 1991 y posteriormente se expandió a Latinoamérica, introduciendo conceptos como suscripción mensual, derechos de autor y acuerdos para la distribución de programación. Esta empresa posee derechos de exclusividad para estrenos de series, transmisión en vivo de deportes, conciertos, así como cortometrajes y películas. En Ecuador la Televisión por Cable nace en la década de los 80's, la primera empresa concesionaria fue TV CABLE que pronto fue consolidándose como la empresa con mayor número de suscriptores a nivel nacional.

Actualmente la televisión por cable es una industria consolidada y adaptativa que se ha transformado de acuerdo a la evolución tecnológica y que aún tiene muchos retos y oportunidades de negocio por explotar.

5.1.1.1. Arquitectura de un Sistema de Audio y Video por Suscripción bajo la modalidad de Cable físico

Las primeras redes utilizadas por los cableoperadores fueron totalmente coaxiales y utilizaban una topología denominada "TREE AND BRANCH", su estructura era como la de un árbol con troncos y ramas; el tronco estaba constituido por amplificadores troncales y las ramas era los amplificadores de línea y TAPs, interconectados por cables coaxiales, desde el Head End hasta el cliente.

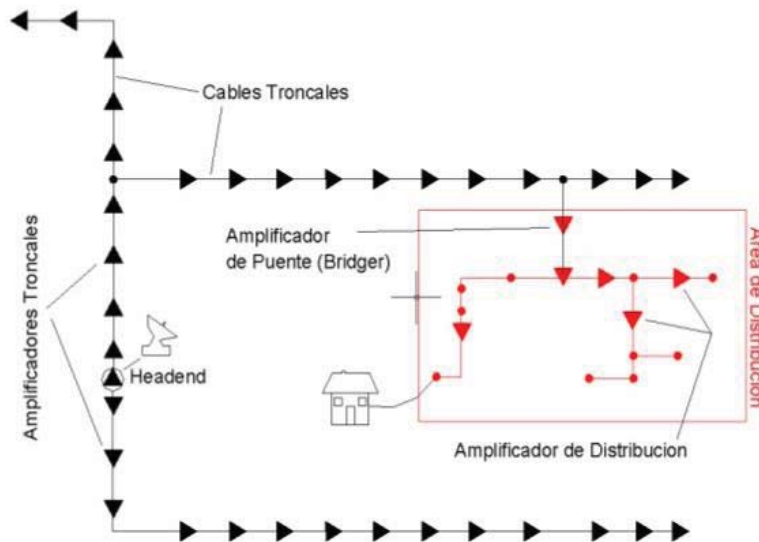


Figura 2.- Topología Tree and Branch

Fuente: Redes Híbridas de fibra óptica y cable coaxial (2009)⁵

Estas redes alcanzaban longitudes muy grandes para alcanzar al usuario final, por lo que era necesario una gran cantidad de elementos activos (amplificadores), que a su vez se convertían en un problema puesto que provocaba un nivel considerable de intermodulación. También se puede tener interferencias causadas por intermodulaciones no lineales de segundo y tercer orden debido a la cualidad de los equipos electrónicos utilizados.

Con estas consideraciones CISCO, manifiesta que la utilización de señales digitales en una red de ese tipo es complicada, pero no es imposible. Si la red es muy bien planeada, ecualizada y protegida contra interferencias externas, se puede obtener señales de datos funcionales. Pero es algo muy difícil de alcanzar y dependerá de la modulación adoptada.

6

La estación transmisora o Head End, es el origen o punto de partida de un sistema de televisión por cable (CATV), es el centro desde el que se gobierna todo el sistema. La cabecera se encarga de monitorear la red y supervisar el funcionamiento. En el Head End se procesan señales, ya sean generadas en forma local (internas), o receptadas de satélites con estaciones terrenas o por microondas (externas); estos son sistemas de alta complejidad por las nuevas arquitecturas y la sofisticación de los nuevos servicios que

⁵ Redes Híbridas de fibra óptica y cable coaxial (2009). Recuperado de <http://es.slideshare.net/guest754d6ab/redes-hibridas-de-fibra-ptica-y-cable-coaxial>

⁶ Las Normas de red utilizados en TV por cable. Recuperado de <https://supportforums.cisco.com/sites/default/files/legacy/8/2/2/51228-Las%20normas%20de%20red%20utilizados%20en%20TV%20por%20cable.pdf>

transportan, que exigen de la red una fiabilidad muy alta. Otras de las funciones que se realizan en la cabecera se relacionan con la tarificación y control de los servicios prestado a los abonados.

La red de distribución por línea física es el medio de transmisión compuesto por una estructura de cables que puede ser: coaxial de cobre, fibra óptica o cualquier otro medio físico que transporte las señales de audio, video y datos desde la estación transmisora hasta los receptores.

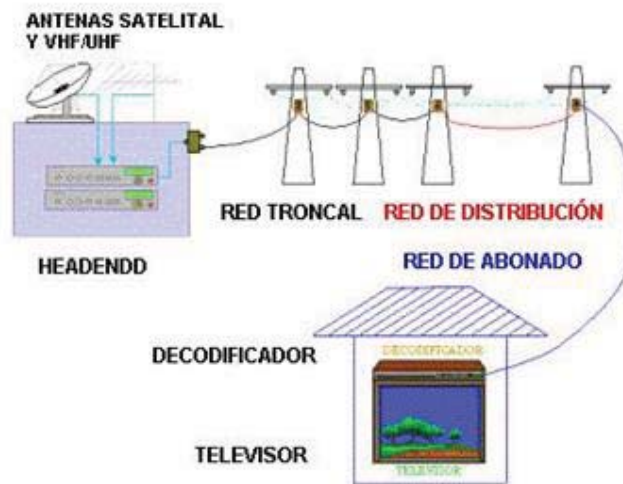


Figura 3.- Arquitectura de una Red CATV

Fuente: Ramírez, Jairo (2014)⁷

El ancho de banda se divide en canales mediante FDM⁸, los canales se multiplexan en tramas que se configuran como un circuito virtual ATM. La señal se reparte por toda la red hasta llegar al abonado, es decir la señal llega hasta el abonado aun cuando su dispositivo de recepción esté apagado. Mientras más alejada se encuentre la ramificación del Head End menor potencia llegará, por lo que es necesario la utilización de amplificadores cada cierta distancia.

Dentro de la arquitectura descrita se identifican cuatro partes fundamentales:

a) HEAD END o CABECERA

Representa la parte medular de la red, es el punto de partida de un sistema de televisión por cable pues recepta, procesa y transmite las señales de televisión hacia la red de cable

⁷ Redes CATV. Recuperado de <https://prezi.com/nm9ueh3svde2/red-catv/>

⁸ Acceso Múltiple por División de Frecuencia

físico; está constituido por una o varias estaciones terrenas empleadas para la recepción de las diversas señales, preamplificadores, receptores satelitales, decodificadores, moduladores y procesadores. Las señales de audio y video receptadas pueden ser de dos tipos locales y satelitales.

Las señales de origen local corresponden a frecuencias en las bandas de VHF y UHF, y se las recepta a través de antenas de banda ancha, posteriormente pasan a la etapa de procesamiento en el demodulador, donde se las convierte en banda base original para procesarlas por separado como señal de audio y señal de video, entregándolas al final al modulador. La inclusión de estas señales dentro de la grilla de programación de los sistemas es obligatoria, siempre que cumplan con la intensidad de campo eléctrico contemplado para zona de cobertura principal de acuerdo a lo establecido en la Norma Técnica para el servicio de radiodifusión por televisión abierta analógica.

Para recepción de canales extranjeros se utilizan antenas satelitales tipo plano parabólico, donde se amplifica y traslada la señal a una frecuencia RF más baja para poder ser inyectada a los receptores satelitales, cabe señalar que si los canales están codificados es necesario utilizar el receptor provisto por el respectivo propietario.

Una vez que las señales han sido procesadas son moduladas en la frecuencia correspondiente, de acuerdo a la asignación establecida en la Norma Técnica para el servicio de audio y video por suscripción bajo la modalidad de cable físico.

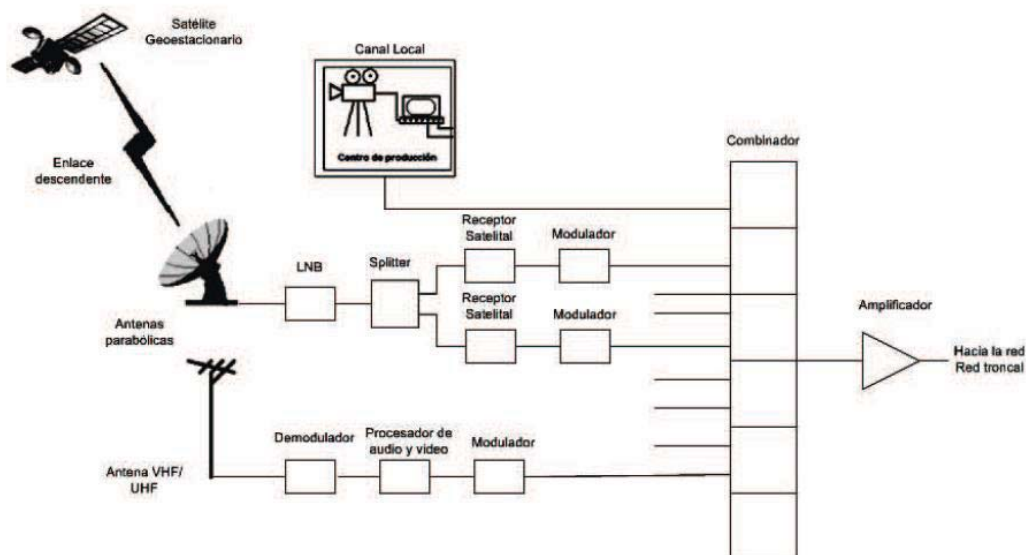


Figura 4.- Elementos de un Head End

Finalmente estas señales RF configuradas a una frecuencia específica son multiplexadas en el combinador, para que puedan viajar por el canal asignado, por tanto el combinador debe tener tantas entradas como canales analógicos a transmitir. Para mantener el mismo nivel de potencia de las señales se emplean amplificadores de línea, previo el ingreso en la red de Troncal.

b) RED TRONCAL

Recibe la señal de la cabecera y la envía por el medio de transmisión (cable coaxial), generalmente es utilizada cuando el área de cobertura tiene una extensión bastante considerable, puesto que en coberturas reducidas esta etapa puede ser omitida y pasar directamente a la red de distribución.

Una red troncal está formada por amplificadores, fuentes de poder, splitters, ecualizadores de línea, acopladores y el medio de transmisión.

c) RED DE DISTRIBUCIÓN

La red de distribución puede ser de cable coaxial o fibra óptica

d) RED DE ABONADO

Es la parte de la red que llega hasta el abonado y se conecta con el terminal de usuario, generalmente para esta etapa se emplea cable coaxial RG-6 para conectar el tap de la red de distribución con la casa del usuario.

El equipo terminal es un decodificador o un Set Top Box que permite al usuario interactuar con el sistema.

Un sistema de audio y video por suscripción cuya red está conformada en su totalidad por cable coaxial presenta algunas limitaciones en su calidad debido a que está directamente relacionada con la distancia del abonado respecto del Head End, puesto que mientras más lejos se requiere mayor será la cantidad de elementos activos en cascada que amplifiquen y rectifiquen la señal. Otro problema identificado fue la susceptibilidad a fallas en cascada por la dependencia de varios usuarios de un solo camino hacia el Head End.

Por otro lado es importante mencionar que la regulación vigente en nuestro país permite la operación de un canal local por cada sistema de audio y Video y puede ser de dos tipos, de grilla de programación o de contenido. Este canal local deberá cumplir con las obligaciones establecida en la LOC⁹ como el de respaldo de la información por un periodo determinado de tiempo, franjas horarias de programación y calidad del contenido.

⁹ Ley Orgánica de Telecomunicaciones, publicada en el Registro Oficial No. 439 de 18 de febrero de 2015.

5.1.1.2. Cable Coaxial

El cable coaxial físicamente es un cable cilíndrico conformado por un núcleo de hilo de cobre rodeado por un aislante, un apantallamiento de metal trenzado y una cubierta externa; precisamente el apantallamiento, que no es otra cosa que una malla de metal que rodea al núcleo, le permite proteger los datos transmitidos absorbiendo las señales interferentes (ruido) evitando la distorsión. Provee un ancho de banda de 500 MHz, por lo que entre otras aplicaciones es ampliamente utilizado para la televisión por cable. El núcleo transporta las señales eléctricas, puede ser sólido o conformado por hilos.



Figura 5.- Cable Coaxial

Fuente: Ramírez, Jairo (2014)¹⁰

Cuando la transmisión es analógica se requiere amplificadores a una menor distancia (pocos kilómetros) de hasta 500 MHz; cuando los datos se transmiten de forma digital se requieren repetidores de cada 1 km.

Tradicionalmente los Sistemas de Televisión por Cable utilizaba cable coaxial de extremo a extremo para llevar hasta sus abonados las señales de audio, video y datos. El cable coaxial fue utilizado por varios años debido a su alta capacidad y resistencia a las interferencias, pero actualmente su uso está en declive debido en gran medida a la utilización de medios más eficientes como la fibra óptica. De esta forma los Sistemas de audio y video por suscripción han incluido en parte de su red fibra óptica dando paso a las redes híbridas cable coaxial-fibra óptica HFC. En Ecuador las redes de fibra hasta el abonado FTTx, aún tiene limitaciones debido al despliegue de fibra óptica que hasta el día de hoy alcanza principalmente las principales ciudades del país, limitando su mercado objetivo y enfocándolo al sector corporativo y usuarios residenciales de las principales ciudades.

¹⁰ Redes CATV (2014). Recuperado de <https://prezi.com/nm9ueh3svde2/red-catv/>

Para la selección del adecuado cable coaxial se debe considerar los siguientes parámetros:

Impedancia característica	50, 75 o 93 Ω
Frecuencia de trabajo	100 kHz a 3000 MHz
Atenuación máxima	1 a varios cientos de dB/100m

Tabla 1.- Características del Cable Coaxial

Fuente: Elaboración propia

Para aplicaciones de transmisión de radiofrecuencia como CCTV, CATV, señales de televisión y FM el cable más utilizado es el RG-59 de 75 Ω , que combina buenas características eléctricas y mecánicas con un bajo costo.

5.1.2. Redes HFC

Las redes HFC son redes híbridas que emplean fibra óptica y cable coaxial, esto permite entre otras cosas la sustitución de elementos activos en las redes, aumentando calidad y disponibilidad de la señal ofrecida. Sin embargo en un inicio únicamente fueron concebidas para la recepción de señales a fin de reproducirlas en un televisor, además no permitían el envío de información adicional a través de la red.

En este escenario las redes de televisión por cable han tenido su propia evolución, potencializándose a través del uso de redes híbridas HFC (fibra óptica-cobre), con la finalidad de convertirse en un servicio competitivo tanto con la optimización del equipamiento como en la variedad de aplicaciones que soporta. Con el despliegue del estándar DOCSIS 3.0 y 3.1 ciertas barreras como el envío y recepción de información sobre la misma infraestructura han sido superadas.

El ritmo de vida actual donde resulta cada vez más cotidiano la conexión a Internet demanda que los servicios de telecomunicaciones sean convergentes y la vez las redes que los soportan. Con la introducción del concepto de banda ancha en el escenario de las telecomunicaciones, la percepción de las necesidades y gustos del usuario ha evolucionado, así por ejemplo, el video bajo demanda VoD, pay per view PPV, videoconferencia, telebanca, telecompra, entre otros, se han convertido en las aplicaciones preferidas por los usuarios, todas estas provistas sobre internet.

5.1.2.1. Arquitectura de una red HFC

Una red HFC no presenta una arquitectura tan diferente que su predecesora de cable coaxial, en realidad constituye una actualización de esta a través de la introducción de fibra óptica hasta el Head End y los nodos de distribución. Una red HFC está constituida por fibra óptica y cable coaxial, generalmente se emplea fibra óptica para la Red Troncal, eliminando varios elementos activos mejorando la calidad de la señal transportada, a partir del receptor óptico se emplea cable coaxial y amplificadores de RF en los dos sentidos.

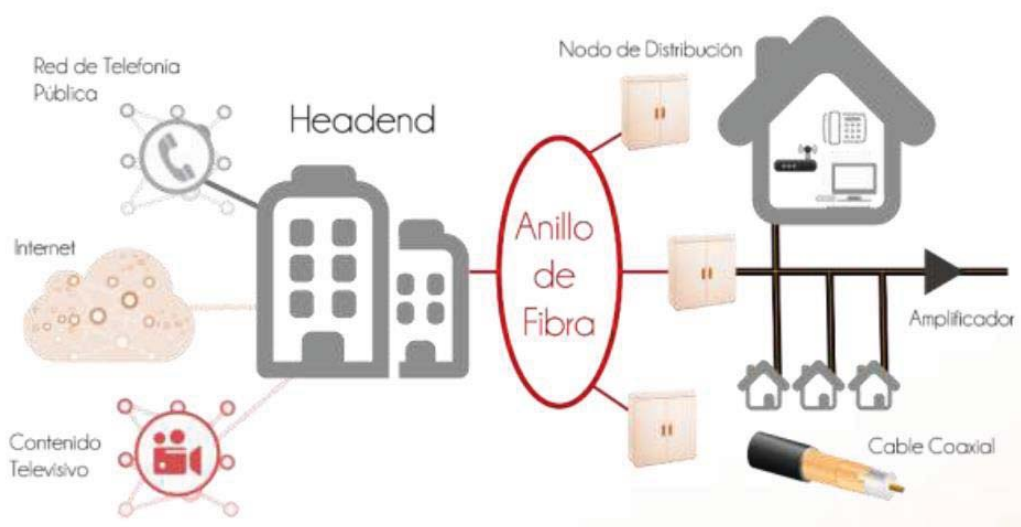


Figura 6.- Arquitectura de una Red HFC

Fuente: ARCOTEL (2015)¹¹

Una red HFC está conformada por la combinación de elementos pasivos o activos, así se puede identificar cuatro partes principales: Head End (Cabecera), Red Troncal, Red de Distribución y Red Interna de Suscriptores.

1. Head End (Cabecera)

La cabecera en una red HFC es más compleja que un simple centro de distribución de señales de TV, donde se receptaba las señales para adaptarlas al medio de transmisión, puesto que ahora deben ser capaces de procesar la demanda de servicios interactivos y de

¹¹ Boletín Estadístico del Sector de Telecomunicaciones No. 6: Internet.

datos a altas velocidades. Además se encarga del monitoreo de red y supervisión de su correcto funcionamiento.

La Cabecera de Red alimenta a varios Nodos de Red, enlazados con ella, típicamente y por razones de seguridad, vía anillos síncronos auto restaurables. Los Nodos de Red incluyen normalmente amplificadores y divisores ópticos.

2. Red Troncal

La Red Troncal enlaza el Head End con los nodos ópticos, donde se convierte las señales eléctricas en ópticas, entre las principales ventajas empleando fibra óptica en esta etapa está la posibilidad de cubrir mayores distancias (> 20 km) reduciendo el número de amplificadores en cascada y por tanto la atenuación, además se puede transmitir un mayor número de canales.

Generalmente la topología utilizada en este tramo es tipo anillo para unir los nodos ópticos dispuestos en la región a servir. Es posible definir anillos redundantes para disponer de más de un camino para llegar al usuario y de esta forma garantizar la disponibilidad del sistema, el mejor camino es determinado por un conmutador. La antigua red de cobre podría ser utilizada como red troncal redundante.

Los nodos ópticos son elementos intermedios entre el Head End y el usuario, transforma las señales ópticas a eléctricas para que atraviesen la red de distribución. En sistemas bidireccionales efectúan un trabajo inverso, convierten las señales eléctricas provenientes del canal de retorno del usuario a señales ópticas que se dirigen al Head End.

A su vez, cada Nodo de Red alimenta a varios Nodos Locales, elementos intermedios de red que, básicamente, amplifican y distribuyen la señal. Un Nodo Local puede atender alrededor de 40.000 hogares.

El Terminal de Red Óptica (TRO) realiza la conversión electro-óptica, a fin de procesar la señal ascendente para su transmisión al Nodo Local.

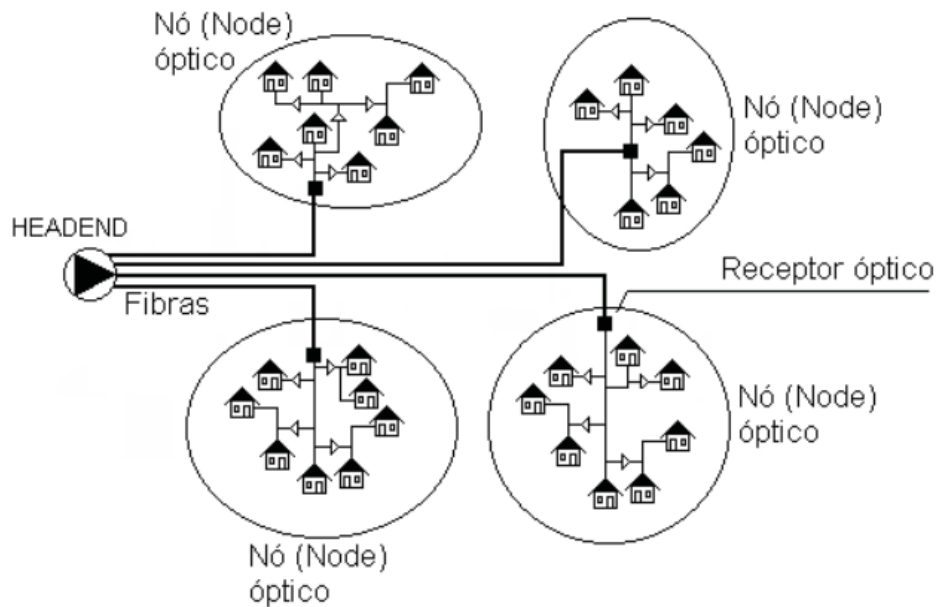


Figura 7.- Nodos Ópticos

Fuente: CISCO¹²

3. Red de distribución

Generalmente se emplea una estructura tipo bus de cable coaxial hasta el usuario, cada nodo óptico conforma una zona de distribución independiente, como se aprecia en la figura 7. En países donde la infraestructura de fibra óptica ha alcanzado gran cobertura la fibra óptica llega casi hasta el usuario, empleando únicamente en la última etapa coaxial.

La red de distribución combina portadoras de vídeo y/o datos, analógicos y/o digitales, provenientes del Head End, por tanto es el interfaz entre las señales insertadas en los nodos ópticos y los terminales de usuario.

4. Red de acometida

Es la red que llega hasta el usuario, el tramo final de la red, para construcciones modernas en edificios corresponde al tendido interno en los ductos.

¹² Las Normas de red utilizados en TV por cable. Recuperado de <https://supportforums.cisco.com/sites/default/files/legacy/8/2/2/51228-Las%20normas%20de%20red%20utilizados%20en%20TV%20por%20cable.pdf>

Los usuarios (hogares conectados) se enlazan al Terminal de Red Óptica a través de una red de tipo coaxial, con topología árbol-rama (red de Dispersión). Esta red incluye un cable coaxial principal con múltiples ramificaciones, cada una de las cuales da servicio a los usuarios a través de nuevas ramificaciones.

Un Terminal de Red Óptica puede atender a unos 400 usuarios (hogares conectados), aunque normalmente se establece un número inferior (unos 250, por ejemplo) con objeto de facilitar la implementación del canal ascendente.

Los usuarios se conectan a la Red-HFC en el Punto de Terminación de Red (PTR), instalado en su domicilio, que constituye la frontera entre la infraestructura del operador de red y la red interior del usuario.¹³

Las señales de televisión analógica que vienen desde el Head End se combinan con la señal de datos en el CMTS, posteriormente se multiplexan utilizando WDM para adecuarlas al transporte en red de fibra hasta los nodos ópticos que a su vez se conectan con los cable módems en el lado del usuario.

La principal ventaja de la arquitectura HFC, además del hecho de que puede extender la red hasta puntos más lejanos, es la configuración de una distribución de células que permite la transmisión en el sentido opuesto de la red (bidireccionalidad), utilizando transmisores ópticos de regreso en cada nodo, de forma análoga a downstream. Esa bidireccionalidad de la red permite la implantación del servicio de acceso a Internet en redes de TV a cable.

Debido a que las redes CATV originalmente fueron concebidas para difusión de señales de televisión, el ancho de banda se utilizaba en gran medida para el canal descendente, por lo que fue necesario efectuar ciertas modificaciones para enviar tráfico ascendente. Como primera parte se debe habilitar frecuencias para el canal ascendente, además el proceso de amplificación debe efectuarse por separado y se debe establecer sistemas de accesos al medio en el sentido ascendente a la cabecera.

Para habilitar un canal de retorno se tiene dos alternativas, la primera es superponer los canales que vienen en el cable coaxial al llegar al nodo óptico, formando un único canal hasta la cabecera, y la segunda, multiplexar en frecuencia cada canal al llegar al nodo óptico para enviarlo a la cabecera.

¹³ Sistema de acceso Óptico: Redes HFC - http://ocw.upm.es/teoria-de-la-senal-y-comunicaciones-1/sistemas-de-telecomunicacion/Contenidos/Material-de-consulta/4_apuntes_sistemas_hfc.pdf

Así las ventajas de una red HFC se podrían resumir en las siguientes:

- Reducción del número de amplificadores en cascada.
- Aumento de la calidad (mejor C/N).
- Posibilidad de ofrecer más servicios.
- Incremento del ancho de banda.
- Minimiza en gran medida los problemas relacionados con las interferencias.

5.1.3. Estándar DOCSIS

PacketCable es un consorcio liderado por *CableLabs*, que ha desarrollado varias especificaciones y versiones para prestar servicios multimedia sobre la red HFC y los enlaces bajo protocolo DOCSIS. Las versiones *PacketCable* 1.0 y 1.5 estaban orientadas a la prestación de VoIP con excelente Calidad de Servicio. Por su parte *PacketCable* 2.0 tiende a la prestación convergente de servicios de voz, datos y video sobre una plataforma convergente con las de las redes fijas y móviles.

DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification) es un estándar no comercial creado por las compañías de cable asociadas en *CableLabs*, establece los requisitos de la interfaz de comunicaciones y operaciones para datos sobre sistemas de cable. DOCSIS posibilita la transferencia bidireccional de tráfico IP entre la cabecera del sistema de cable y los usuarios, sobre redes híbridas de fibra óptica y cable coaxial. (*CableLabs*, 2007)

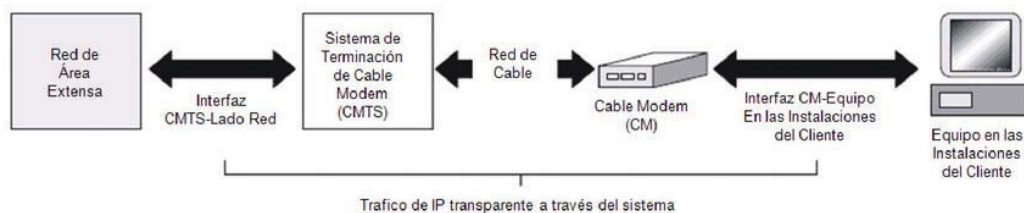


Figura 8.- Tráfico IP a través del sistema de datos sobre cable

Fuente: Analysis of the DOCSIS protocol (2009)¹⁴

Los estándares DOCSIS fueron aprobados en 1997, antes que los estándares ADSL, y se comenzaron a usar antes de 1998, cuando fueron oficialmente aprobados por la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) en su versión DOCSIS 1.0. La versión

¹⁴ Analysis of the DOCSIS protocol for distribution of TDi applications and contents in a HFC network (2009). Recuperado de https://www.researchgate.net/figure/220136851_fig1_Figur-a-1-Tráfico-IP-a-traves-del-sistema-de-datos-sobre-cable

DOCSIS 1.1 ya permitió la VoIP, QoS (Calidad de Servicio) y autenticación. La velocidad de datos que se obtiene depende de los anchos de banda asignados y de la modulación. Los canales de bajada son de 6 MHz en el estándar americano y desde 0,2 MHz a 3,2 MHz en la subida. Típicamente las velocidades de bajada son de 38 Mbps en la bajada por canal de 6 MHz y de 9 Mbps en la subida para el canal de 3,2 MHz. Posteriormente el DOCSIS 2.0 permitió 30 Mbps por canal de 6,4 MHz en la subida.

La versión europea de DOCSIS se denomina EuroDOCSIS. La principal diferencia es que, en Europa, los canales de cable tienen un ancho de banda de 8 MHz (PAL), mientras que, en Norte América y América Latina es de 6 MHz (NTSC). Esto se traduce en un mayor ancho de banda disponible para el canal de datos de bajada, desde el punto de vista del usuario, el canal de bajada se utiliza para recibir datos, mientras que el de subida se utiliza para enviarlos. (Cable Television Laboratories, 2010b).

DOCSIS 1.1 proporciona una gran variedad de opciones disponibles en las capas 1 y 2 del modelo OSI, la capa física (PHY) y la de control de acceso al medio (MAC). (Cable Television Laboratories, 2009a)

El Ancho de banda del canal DOCSIS 1.0 y 1.1 de subida está entre 200 KHz y 3,2 MHz. DOCSIS 2.0 establece 6,4 MHz, pero es compatible con los anteriores. El canal de bajada es de 6 MHz (8 MHz en EuroDOCSIS).

DOCSIS 1.0/1.1 especifica la utilización de una modulación 64-QAM o 256-QAM para el canal de bajada (downstream), y QPSK o 16-QAM para el de subida (upstream). DOCSIS 2.0 además permite 64-QAM para el canal de subida.

En relación a la capa MAC, DOCSIS emplea métodos de acceso deterministas, específicamente TDMA y S-CDMA. En contraste con CSMA/CD empleado en Ethernet, los sistemas DOCSIS experimentan pocas colisiones. (Paliza, 2011b)

El estándar DOCSIS permite dos formatos de modulación (Kathrein, 2007): Modulación de Amplitud en Cuadratura o QAM (por sus siglas en inglés) y Modulación por Desplazamiento de Fase en Cuadratura o QPSK (por sus siglas en inglés). QAM es el método más popular usado en los cable módems; este cambia la amplitud de dos ondas portadoras en relación a los datos que están siendo transmitidos. (Cisco, 2007, Downey, 2009)

Al mismo tiempo que el nivel de QAM se duplica, la cantidad de bits que pueden ser transmitidos incrementa en uno. Por ejemplo, QAM-16 transmite cuatro bits por símbolo, y QAM-32 transmite cinco bits por símbolo. Sin embargo, mientras el nivel de QAM

incrementa, los puntos que representan símbolos tienen que estar puestos más cerca entre sí y son por ende más difíciles de distinguir entre sí por el ruido base, el cual crea una alta tasa de error. En otras palabras, QAM-256 transmite más datos, pero es menos confiable, que QAM-16. Es por esto que, los factores que determinan el nivel de QAM máximo son la frecuencia del ancho de banda y el ruido base. Los cable módems certificados por DOCSIS utilizan QAM-16 para el canal de subida y los CMTS certificados por DOCS utilizan QAM-64 o QAM-256 para el canal de bajada. El ancho de banda de cada canal depende tanto del ancho del canal como de la modulación utilizada. Los cable módems utilizan el ancho de banda equivalente a un canal completo de televisión (6MHz para NTSC) para los datos de bajada. Con canales de 6 MHz y 256-QAM la velocidad podría llegar hasta los 38 Mbps, mientras que con canales de 8 MHz (EuroDOCSIS) y la misma modulación llegaría hasta los 51 Mbps.

En el caso de la subida, con un canal de 3,2 MHz y 16-QAM habría disponibles 10 Mbps, aunque en el caso de DOCSIS 2.0 al permitir hasta 6,4 MHz y 64-QAM se puede aumentar hasta 30,72 Mbps. Debido a los ruidos combinados de subida desde el ingreso (la distorsión creada cuando las frecuencias entran a un medio), la tasa de subida de símbolos es menor que la de bajada, la cual no tiene problemas de ruido combinado de ingreso. (Cable Television Laboratories, 2010b)

Ancho de Banda del Canal (MHz)	64 QAM	256 QAM
6	30.34 (27) Mbps	42.88 (38) Mbps
8	40.44 (36) Mbps	57.20 (51) Mbps

Tabla 2.- Cuadro comparativo de velocidades de bajada para DOCSIS 1.X en Europa y en Estados Unidos

Fuente: Elaboración propia

DOCSIS	Downstream	Upstream
1.x	42.88 (38) Mbps	10.24 (9) Mbps
Euro	57.20 (51) Mbps	10.24 (9) Mbps
2.0	42.88 (38) Mbps	30.72 (27) Mbps
3.0	+ 480 Mbps	+120 Mbps

Tabla 3.- Cuadro comparativo de velocidades para los diferentes estándares DOCSIS

Fuente: Elaboración propia

El protocolo DOCSIS 3.0 (2006) permite multiplexar canales (Channel Bonding) pudiendo alcanzar hasta 40 Mbps en cada canal de bajada y hasta 120 Mbps totales en la

subida, este estándar soporta IPv6 e IPTV pudiendo de esta forma competir con los operadores de telecomunicaciones en la prestación de servicio de televisión bajo demanda. En el estándar europeo (euro-DOCSIS) las capacidades son mayores por cuanto se usan canales de 8 MHz y el espectro reservado para la subida es desde 5 MHz hasta 65 MHz. Se puede llegar a 52 Mbps por canal de 8 MHz con modulación 256 QAM. (de León, 2009).

5.1.4. Servicio de acceso a Internet de banda ancha

Según la UIT define el servicio de banda ancha a los canales de transmisión con una capacidad mayor que 2.048 Mbps. En Ecuador como en la mayoría de América Latina los proveedores de Internet se refieren a banda ancha cuando las tecnologías que implementan permiten ofrecer velocidades de acceso en el orden de los Mbps.

Se puede clasificar a las tecnologías por el tipo de soporte que utilizan en cableadas e inalámbricas.

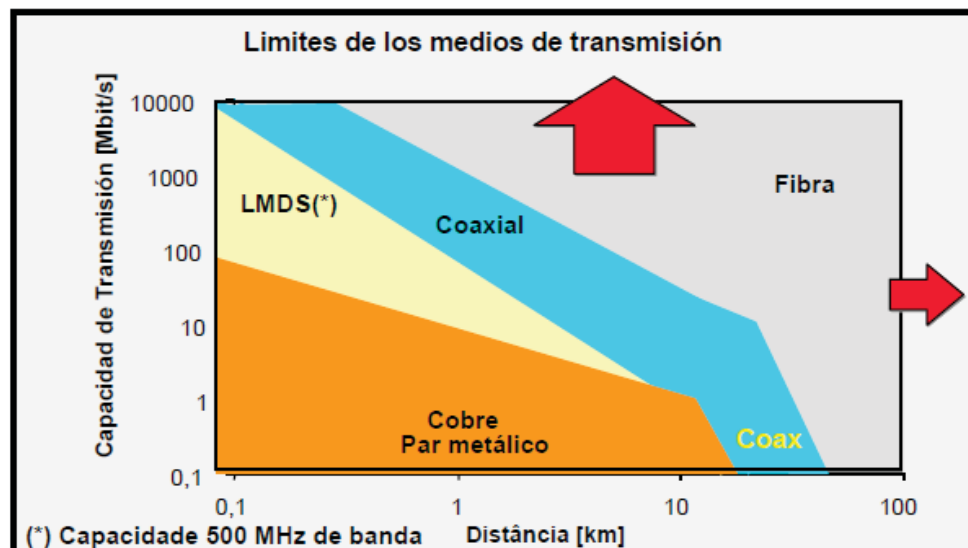


Figura 9.- Velocidades por medio de transmisión.

Fuente: Donoso, José (2012)

5.2. EVALUACIÓN DE LOS SERVICIOS DE AUDIO Y VIDEO POR SUSCRIPCIÓN Y ACCESO A INTERNET EN ECUADOR

5.2.1. Marco regulatorio

La Carta Magna del Ecuador define a los servicios de telecomunicaciones como un servicio público, regido por los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad. (CRE¹⁵, 2008)

En este contexto, el Plan Nacional del Buen Vivir establece las siguientes políticas y lineamientos enunciados para las TIC que se resumen en: Democratizar la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones y de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), incluyendo radiodifusión, televisión y espectro radioeléctrico, y aumentar su uso y acceso universal.

Por su parte el Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información MINTEL, cuenta en el país con una política en el ámbito de las telecomunicaciones, a través del Plan Nacional de Telecomunicaciones y Tecnologías de Información del Ecuador 2016-2021, que contiene los programas y proyectos que permitirán alcanzar los objetivos que se definirán para el sector en el período de análisis. Su visión es la de ubicar al Ecuador en el año 2021 como un referente regional en conectividad, acceso y producción de los servicios TIC, evidenciado en indicadores que demuestren el desarrollo económico y social del país. Dentro de este plan se establecen cuatro macro-objetivos:

- Macro-objetivo 1: Completar y fomentar el despliegue de infraestructura de Telecomunicaciones. Dentro de los proyectos que se maneja par alcanzar dicho objetivo, se incentivará el despliegue de infraestructura de última milla.
- Macro-objetivo 2: Aumentar la penetración de servicios TIC en la población. Para lo cual uno de sus objetivos es aumentar la penetración de banda ancha fija.
- Macro-objetivo 3: Asegurar el uso de las TIC para el desarrollo económico y social del país.
- Macro-objetivo 4: Establecer las bases para el desarrollo de una industria de TI a largo plazo.

Por otro lado el Plan Nacional de Banda Ancha del Ecuador tiene tres objetivos fundamentales:

¹⁵ Constitución del República del Ecuador, artículo 314.

- Mejorar la calidad de vida de los ecuatorianos mediante el uso, introducción y apropiación de las nuevas tecnologías de información y comunicación.
- Decremento los precios de acceso al servicio de Internet de Banda Ancha
- Impulsar el despliegue de redes y servicios a nivel nacional

En este escenario la normativa ha evolucionado, así la Ley Orgánica de Telecomunicaciones (LOT) emitida el 10 de febrero de 2015 y publicada en el Tercer suplemento del Registro Oficial No. 439 del 18 de febrero de 2015, define dos tipos de servicios, de telecomunicaciones y de radiodifusión.

El servicio de audio y video por Suscripción según la LOT forman parte de los servicios de radiodifusión, y pueden prestarse en tres modalidades:

1. Cable físico
2. Televisión codificada terrestre
3. Televisión codificada satelital (DTH/DBS)



Figura 10.- Modalidades de Servicio de Audio y Video por Suscripción.

Fuente: Boletín Estadístico No. 4 ARCOTEL (2015)

Para su provisión es necesario la obtención de un título habilitante (Autorización) que será otorgado conforme a las disposiciones de la Ley Orgánica de Comunicación, su Reglamento General y demás reglamentos emitidos por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones.

El servicio de Acceso a Internet (ISP) de conformidad a la LOT corresponde a un servicio de telecomunicaciones, y el título habilitante requerido para su provisión es un Permiso (registro).

Los techos tarifarios aplicables a los dos servicios pueden fijarse libremente, siempre y cuando se observe lo dispuesto en el “TÍTULO VI” de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones.

Los servicios públicos de telecomunicaciones según la LOT, priorizarán su uso para impulsar y fomentar la sociedad de la información y el conocimiento, innovación, precios y tarifas equitativos orientados a costos, uso eficiente de la infraestructura y recursos escasos, neutralidad tecnológica, neutralidad de red y convergencia.

i) Uso de frecuencia esenciales

Los servicios de audio y video por Suscripción en modalidad de cable físico y de Acceso a Internet no requieren el uso de frecuencias esenciales para su provisión, por tanto dependerán de su propia infraestructura.

Sin embargo el servicio de Acceso a Internet requiere de un Portador autorizado para proporcionar el acceso a sus clientes; o, se podría gestionar el título habilitante de Portador si se requiere operar con infraestructura portadora propia.

ii) Neutralidad tecnológica, de Red y Convergencia

Es importante señalar que hasta la fecha no existe regulación para la interconexión entre los servicios de audio y video por suscripción y de acceso a Internet, no obstante la Ley Orgánica de Telecomunicaciones establece como uno de sus principios el fomentar la neutralidad tecnológica, neutralidad de red y convergencia.

Precisamente el presente análisis se encuentra orientado a proporcionar al usuario un servicio convergente de Internet sobre la infraestructura del proveedor del servicio de audio y video por suscripción en la modalidad de cable físico.

La neutralidad de red es un principio debatido alrededor del mundo, hoy en día es aplicado para las redes de banda ancha de uso residencial, y potencialmente aplicable a todas las

redes de comunicación, que propone la forma en la que debe ser tratado el tráfico que circula a través de estas. Los proveedores de Internet deberán por tanto observar al menos las siguientes características que implica la neutralidad de red:

- Garantizar el derecho de los usuarios para utilizar, enviar, recibir o cursar cualquier contenido a través de Internet, dentro de la legalidad.
- Proporcionar el servicio respetando los derechos de los ciudadanos y evitando cualquier indicio de trato discriminatorio.
- Gestionar el tráfico transportado sin que esto implique evaluarlo o procesarlo.
- Coadyuvar a la libre competencia garantizando un trato igualitario a todos sus usuarios, de esta forma se pretende evitar que los proveedores de servicios o aplicaciones que utilicen este medio tengan un punto de partida equitativo para ofertar sus productos.
- Garantizar la privacidad de las comunicaciones.
- Garantizar la calidad del servicio.
- El aspecto de calidad es uno de los que más están utilizando las operadoras de telecomunicaciones para pedir prestaciones por parte de algunos operadores OTT.
- Proteger al consumidor, proporcionando acceso libre a los servicios que encuentren a su alcance y el uso que considere de Internet.

El Estado ecuatoriano promueve impulsar el establecimiento y explotación de redes y la prestación de servicios de telecomunicaciones que promuevan la convergencia de servicios, de conformidad con el interés público y lo dispuesto en la LOT y sus reglamentos

Históricamente los servicios de Telecomunicaciones son monopolios naturales dentro de su red, debido a la alta inversión inicial necesaria para poder desplegar la infraestructura inicial, sin embargo, con el proceso de liberalización que empezó en los años 80s, se permitió la entrada de nuevos operadores y a largo plazo ha generado mercados con varios competidores que luchan por atraer la mayor cantidad de clientes posibles, (Curwen & Whalley. 2016)

A pesar de que el efecto sobre la competencia pierde efectividad cuando se sobrepasa cierta cantidad de entrantes, los beneficios al usuario se siguen dando ya que los nuevos entrantes pueden tener nichos de mercado que, a pesar de ser pequeños, generan cierta presión sobre los operadores ya establecidos haciendo que los precios sigan disminuyendo. (Curwen & Whalley, 2016)

5.2.2. Servicio de Audio y Video por suscripción

Conforme la regulación vigente en Ecuador el servicio de audio y video por suscripción se ofrece en tres modalidades de acceso:

Cable físico.- Aquel que utiliza como medio de transmisión una red de distribución de señales por línea física. Está formado por: cabecera (Head End), arquitectura de redes de línea física, y, receptores o equipos terminales del usuario.

Televisión codificada terrestre.- Aquel que utiliza como medio de transmisión, el espectro radioeléctrico mediante enlaces terrestres;

Televisión codificada satelital (DTH/DBS).- Aquel que utiliza como medio de transmisión el espectro radioeléctrico, mediante enlace espacio – tierra.¹⁶



Figura 11.- Participación del mercado de audio y video por suscripción.

Fuente: Elaboración propia sobre información de ARCOTEL

Durante el primer semestre del 2016, el 96% de permisionarios de audio y video por suscripción corresponden a la modalidad de cable físico.

¹⁶ Reglamento de Servicios de Telecomunicaciones y Radiodifusión por suscripción, ficha Descriptiva del servicio por Suscripción (2016).

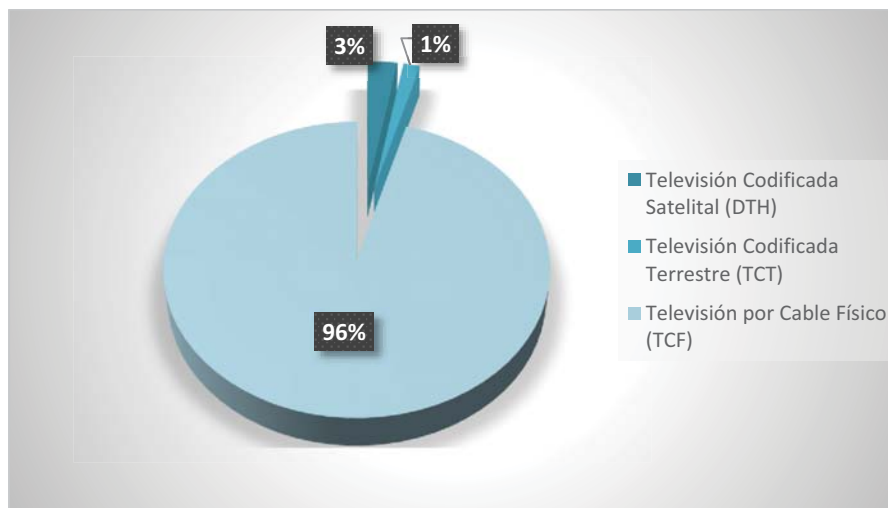


Figura 12.- Porcentaje de permisionarios de audio y video por suscripción.

Fuente: Elaboración propia sobre información de ARCOTEL

Sin embargo se debe analizar también la participación en el mercado de los proveedores como se muestra en la figura 13, de donde se desprende que existen contados proveedores que se llevan el mayor porcentaje de participación.

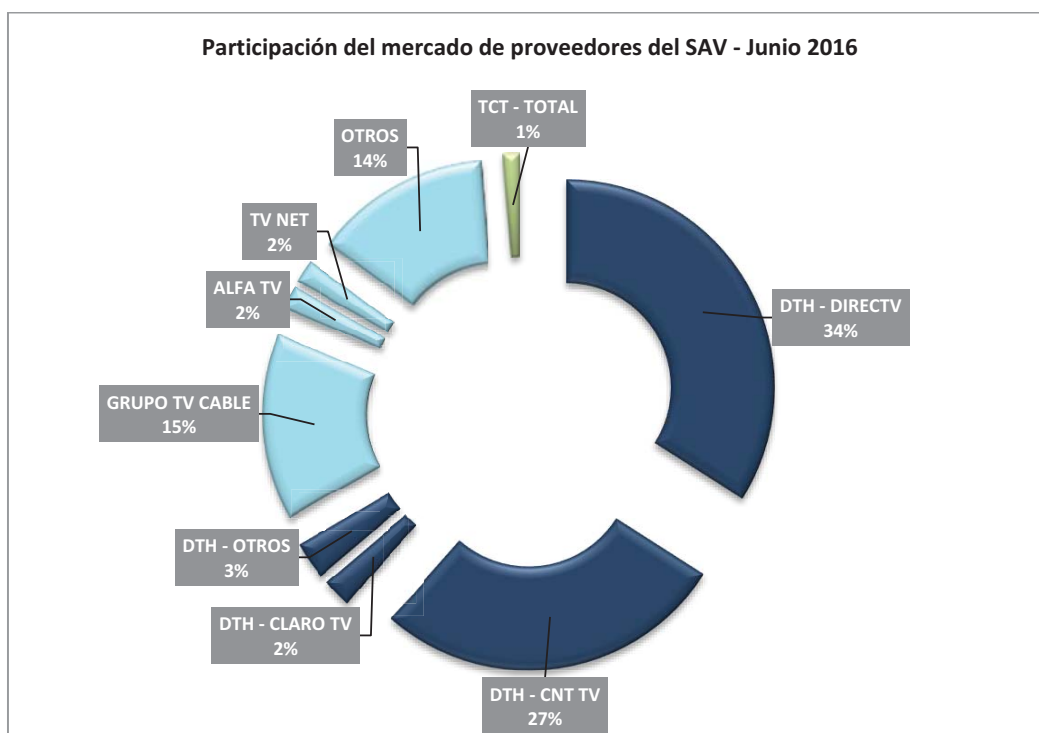


Figura 13.- Participación del mercado de SAV por proveedores.

Fuente: Elaboración propia sobre información de ARCOTEL

Como se puede evidenciar el servicio en modalidad codificada satelital se encuentra abarcando aproximadamente el 67% del mercado nacional respecto del número total de suscriptores.

En cuanto a la cobertura del servicio de audio y video por suscripción se evidencia que la mayor parte se concentra en las provincias más grandes que a su vez tienen el mayor número de habitantes. Es importante precisar que debido a las características de la televisión codificada satelital, ésta ha ganado suscriptores en zonas que debido a la complejidad de su geografía no cuentan con redes de telecomunicaciones desplegadas.

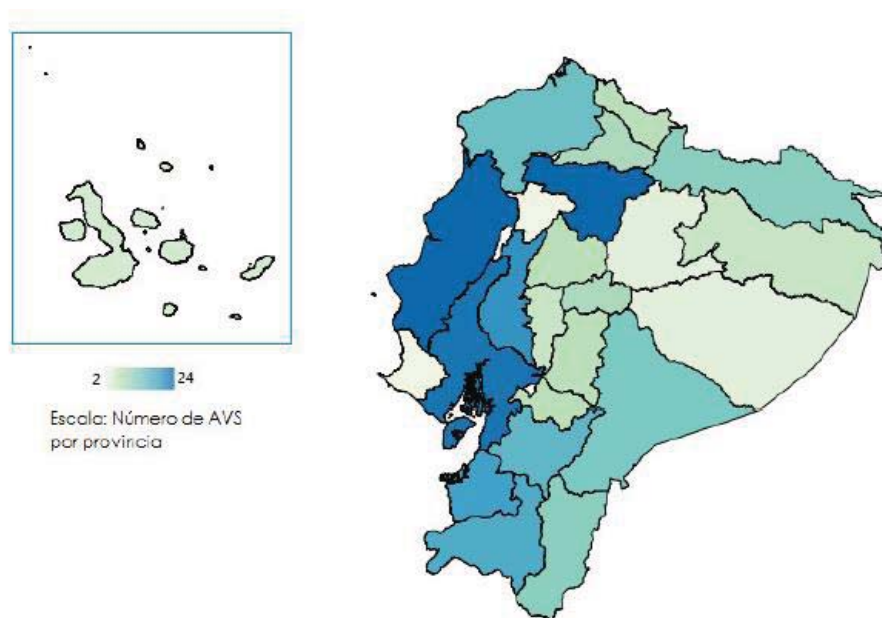


Figura 14.- Cobertura de AVS por provincia.

Fuente: Boletín Estadístico No. 4 ARCOTEL (2015)

Como se muestra en la figura 15 el mercado de televisión por cable físico ha mantenido comportamiento constante durante los últimos años, es decir, no se han autorizado nuevas concesiones.

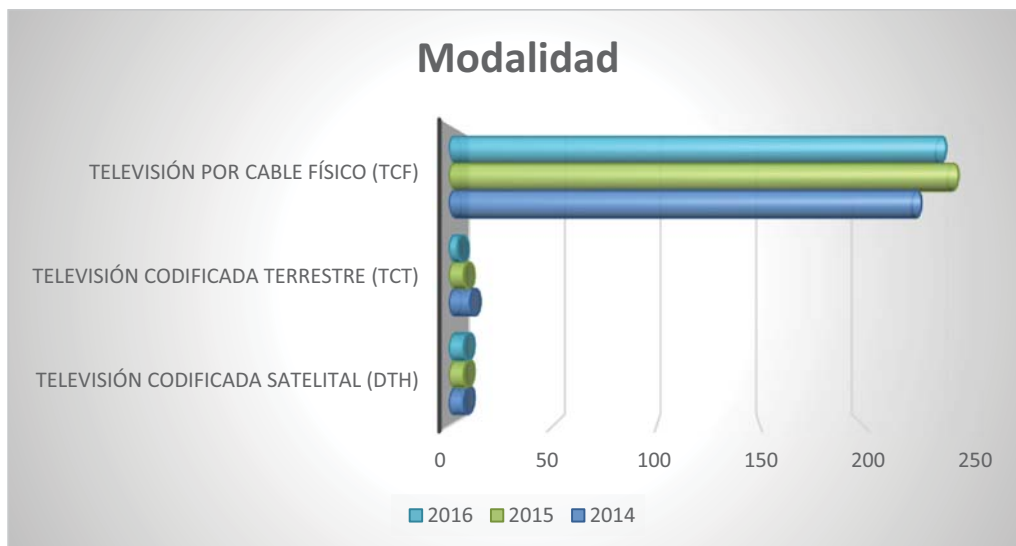


Figura 15.- Evolución del mercado del servicio de audio y video por suscripción por modalidad.

Fuente: Elaboración propia sobre información de ARCOTEL

Conforme los reportes mensuales que efectúan los permisionarios a la ARCOTEL, a junio de 2016 se tiene un total de 1.312.570 suscriptores a nivel nacional, lo que representa una penetración del servicio de 30.52%

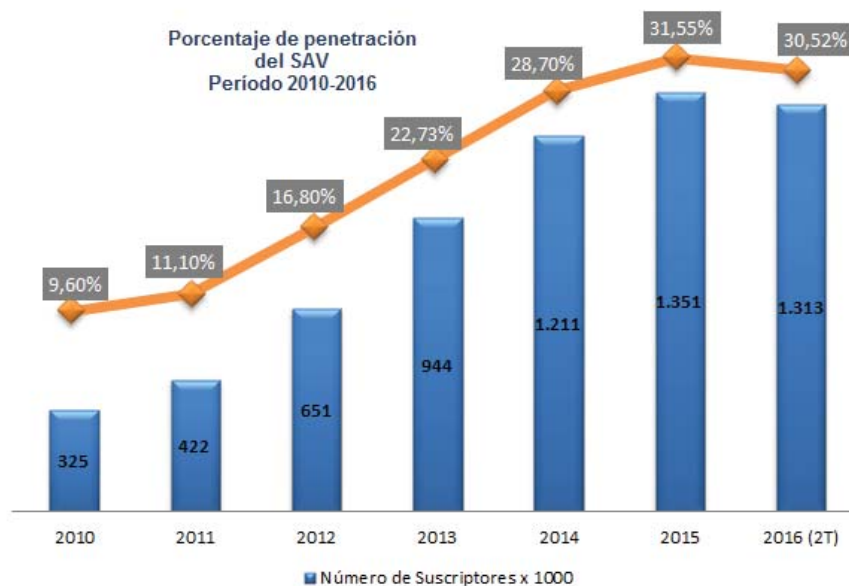


Figura 16.- Porcentaje de penetración del SAV 2010-2016.

Fuente: Elaboración propia sobre información ARCOTEL

Como se puede apreciar en la figura 16, respecto al año 2010 la penetración del servicio de audio y video por suscripción ha tenido un crecimiento de 20.92%.

5.2.3. Servicio de Acceso a Internet

Regulatoriamente con la expedición de la Ley Orgánica de Telecomunicaciones se definió al acceso a Internet como un servicio independiente del Servicio de Valor Agregado, debido a que años atrás se lo consideraba como una modalidad de dicho servicio.

El Reglamento para la prestación de servicios de telecomunicaciones y de servicios de radiodifusión por suscripción lo define como un servicio que permite la provisión del acceso a la red mundial Internet, por medio de plataformas y redes de acceso implementadas para tal fin.¹⁷

En Ecuador la densidad de hogares que accede a Internet móvil ha tenido un crecimiento exponencial, mientras que los que acceden a través de Internet fijo han tenido un crecimiento moderado, como se muestra en la figura 17.

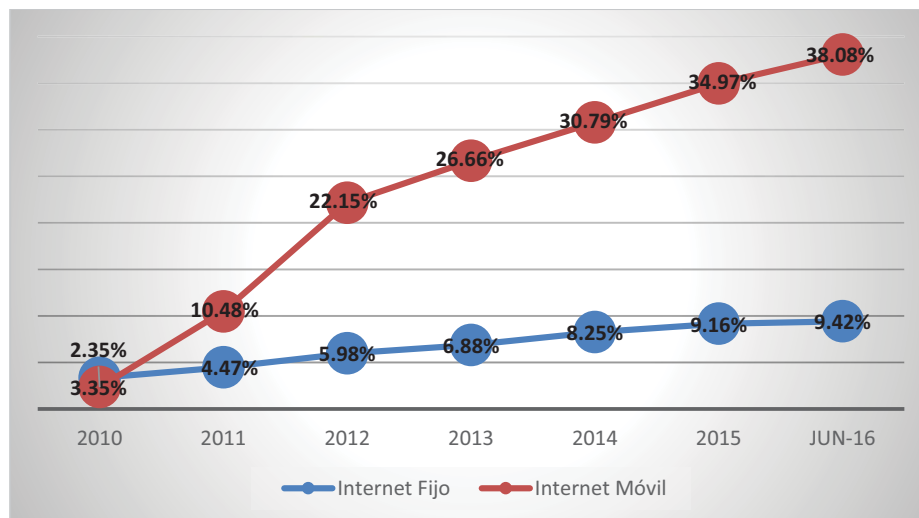


Figura 17.- Densidad de hogares que acceden a Internet.

Fuente: Elaboración propia sobre la base de información ARCOTEL

En la figura 18 se muestra el número de cuentas de Internet fijo por provincia, de donde se puede intuir que la mayor cantidad de éstas se ubican en las provincias más grandes,

¹⁷ Resolución 05-03-ARCOTEL-2016, Ficha Descriptiva del Servicio de Acceso a Internet, 28 de marzo de 2016.

esto se debe a que dichas provincias concentran la mayor cantidad de habitantes y a su vez tienen un mayor despliegue de infraestructura de telecomunicaciones.

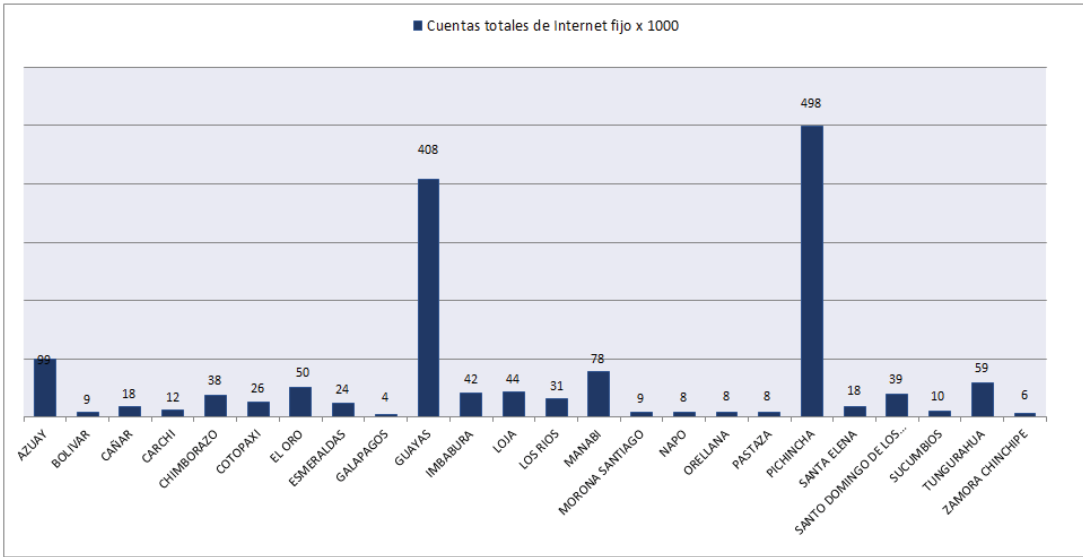


Figura 18.- Cuentas totales de Internet fijo.

Fuente: Elaboración propia sobre información de ARCOTEL

Respecto a la participación de proveedores de servicios de Internet (ISP), es evidente el predominio de la empresa estatal CNT E.P. como se muestra en la siguiente figura.

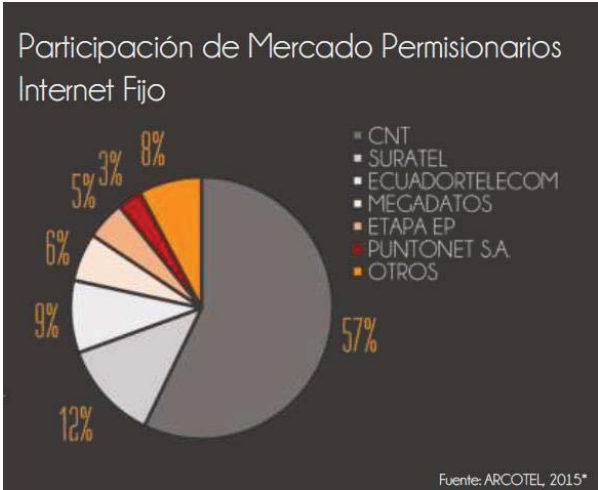


Figura 19.- Participación del mercado de Permisarios de Internet Fijo.

Fuente: Boletín Estadístico No. 6 ARCOTEL (2015)

ARCOTEL (2015) en su Boletín Estadístico del Sector de Telecomunicaciones No. 4, cita datos de la página web del Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC) respecto a las estadísticas de Tecnología de la Información y Comunicación TICS 2012, donde se indica que el 86.2% de los hogares en Ecuador dispone de al menos un televisor, 3.5 puntos porcentuales más que lo registrado en el año 2009, siendo el equipo tecnológico de más presencia en los hogares en comparación con otros como el equipo de sonido, la computadora portátil y de escritorio.



Figura 20.- Porcentaje e equipamiento tecnológico hogares Ecuador 2013.

Fuente: Boletín Estadístico No. 4 ARCOTEL (2015)

5.3. REDES HÍBRIDAS FIBRA ÓPTICA – CABLE COAXIAL PARA ACCESO A INTERNET

A finales de los 90's los operadores de cable dan los primeros pasos hacia el multiplay, incorporando como uno de sus servicios el acceso a Internet. Los primeros sistemas fueron propietarios y algunos de ellos utilizaban el retorno telefónico porque las redes eran unidireccionales. Con esta perspectiva, se analizó la posibilidad de emplear las redes HFC como alternativa para la creación de redes de banda ancha, optimizando la infraestructura ya implementada de las CATV existentes.

Conforme lo establece el estándar DOCSIS una de sus características principales es la bidireccionalidad. Además se indica que teóricamente la máxima distancia óptica/eléctrica entre el CMTS y el CM puede ser de 160 km, aunque típicamente se tienen distancias máximas de hasta 24 Km.

La arquitectura de un sistema HFC utiliza una columna vertebral de fibra óptica, colocando estratégicamente nodos de fibra óptica. El nodo óptico es como un convertidor de señales de luz a radiofrecuencia RF, y devuelve las señales de RF a la luz.

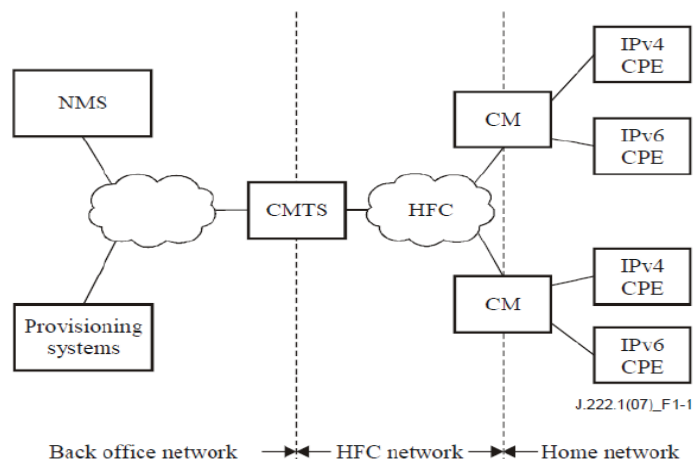


Figura 21.- Arquitectura de una red HFC.

Fuente: Recomendación ITU T J.222.1-200707¹⁸.

El ancho de banda es el elemento que determina la capacidad del sistema, durante los últimos 20 años, las empresas de telecomunicaciones han evolucionado a través de una serie de actualizaciones para incrementar gradualmente su capacidad de 50-100 MHz. Las actualizaciones del sistema estaban limitadas por distorsiones predecibles asociadas con la longitud del amplificador en cascada y el número de canales o ancho de banda del sistema.

La fibra óptica superó la necesidad de amplificadores en cascada, cubriendo mayores distancias sin re-amplificación, con menos distorsión por canal. Las interrupciones del sistema HFC se limitan a una porción de clientes, en comparación con los sistemas antiguos CATV en cascada, donde si el amplificador 1 tenía un fallo, los 40 amplificadores siguientes estaban fuera. A medida que más canales o servicios son transportados sobre una Red / sistema, las distorsiones predecibles aumentan.

Entre las ventajas más relevantes de este tipo de redes se puede mencionar:

¹⁸ Recomendación UIT que define las características eléctricas y el procesamiento de señales del cable modem y del cable modem termination unit. Así mismo define las características para interoperabilidad entre el Cable modem con cualquier CMTS.

- Potencializa y marca un nuevo giro de negocio para los operadores de CATV, puesto que emplea la red implementada para brindar el servicio de televisión por cable como infraestructura para proveer el servicio de Internet de banda ancha.
- A través del uso de cada una de estas tecnologías, la red es capaz de aprovecharse de los beneficios y minimizar el impacto de las limitaciones inherentes a cada una.
- Permite una comunicación bidireccional, superando la limitación de las redes CATV tradicionales que permiten únicamente transmisión unidireccional (desde la central hacia el abonado).

En esta configuración, parte del espectro de RF es utilizado por señales analógicas de TV, de acuerdo con la distribución de espectro que se presenta en la figura 22:

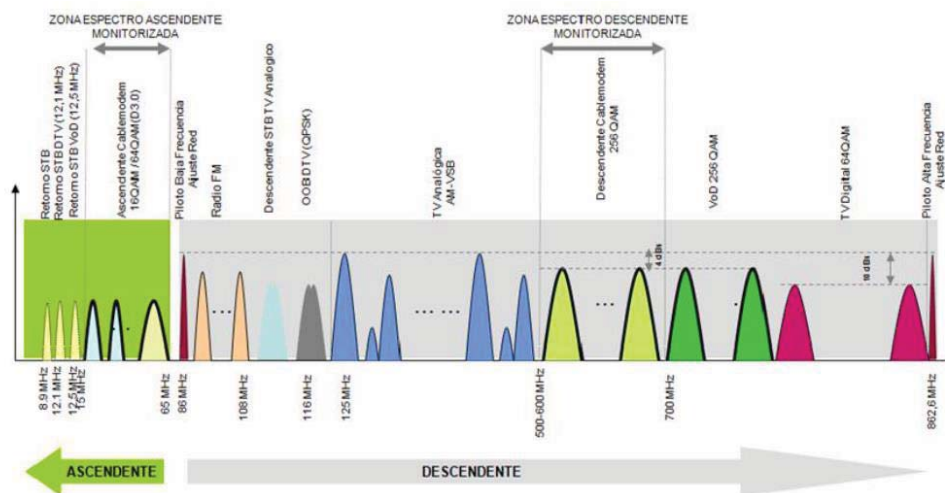


Figura 22.- Distribución de espectro para red HFC.

Fuente: Universidad Oberta de Catalunya. Implementación DOCSIS 3.0 sobre redes HFC

La tabla 4 presenta los requerimientos de ancho de banda de acuerdo al formato de la señal de TV a transportar.

Format	Source coding	Video rate data (Mbit/s)	Program associated data (Mbit/s)	Total data rate for one program (Mbit/s)
SD - 576i/50	H.264/AVC	1.8	0.85	2.65
HD - 720p/50	H.264/AVC	7.0	0.85	7.85
HD - 1080i/25	H.264/AVC	7.5	0.85	8.35
HD - 1080p/50	H.264/AVC	10.0	0.85	10.85

Tabla 4.- Ancho de banda requerido para formatos de TV

Fuente: Análisis Técnico y económico para la compartición de infraestructura en la red de telecomunicaciones. (2014)

5.3.1. Topología de una red HFC con estándar DOCSIS

El diseño de una Red HFC (“Hybrid Fiber Coaxial”) para proveer el servicio de acceso a Internet no significa dimensionar únicamente el bucle óptico, sino el rediseño de una Redes-CATV existente (de televisión, TV, sobre cable, CA).

La figura 23 muestra lo elementos principales de una topología HFC multiplay:

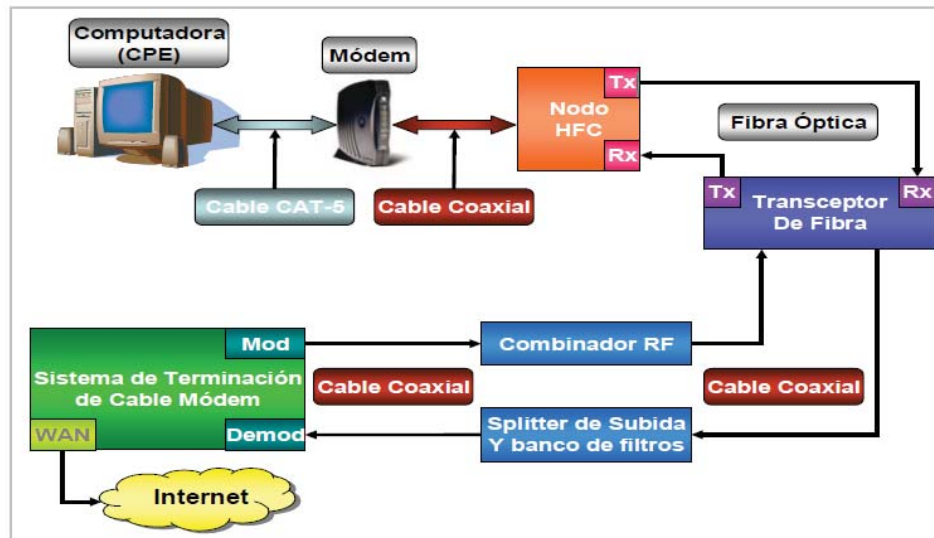


Figura 23.- Arquitectura de una red HFC con estándar DOCSIS.

Fuente: Gerald Emilio Jiménez Farfán, 2007

a) Nodo HFC

Es un dispositivo de campo de dos vías, toma las frecuencias de radio en un cable coaxial (transmitidas desde el CM), las convierte en señales digitales, y luego transmite los datos a un cable de fibra óptica. Los datos que son recibidos desde el cable de fibra óptica (transmitidos desde el CMTS) son convertidos a una señal analógica y luego son transmitidos a la línea de cobre compartida. Este nodo de fibra convierte las señales analógicas en pulsos digitales de luz que son transferidos a través del cable de fibra óptica. Se utiliza un cable de fibra para transmisión de datos y otro para recepción, es decir, son necesarios dos cables de fibra óptica.

Los nodos HFC ofrecen a los proveedores de servicios muchas ventajas (extender el área de servicio, limitar la ocurrencia de fallas de sistema o una pérdida de servicio a un solo nodo, etc.) Los nodos HFC usualmente son ubicados estratégicamente en puntos donde puedan conectar la mayor cantidad de usuarios con la menor distancia promedio total.

b) Hub tranceptor

Los nodos HFC individuales son conectados a un hub central en el equipo terminal del operador utilizando fibra óptica. El propósito de este concentrador es de que sirva de interfaz entre el cable de fibra óptica desde el campo de servicio y el cable coaxial del CMTS. El hub transceptor de fibra recibe frecuencias de radio de 50 a 860 MHz del dispositivo combinador de RF en la interfaz coaxial.

c) Combinador de RF

Es un dispositivo que combina múltiples frecuencias de radio de diferentes fuentes hacia un solo medio compartido; también es usado para añadir al cable coaxial las frecuencias de otros servicios. El hub transmite frecuencias de 5 a 42 MHz a un splitter de subida y banco de filtros. Estos datos son solo los datos que regresan de todos los CMs. (Cable Television Laboratories, 2009b, Cable Television Laboratories, 2010a)

Finalmente, tanto las señales de subida como las señales de bajada se conectan al CMTS, aquí las frecuencias más bajas del divisor de señales de subida son demoduladas, y las frecuencias más altas de bajada son moduladas al cable coaxial. El dispositivo CMTS procesa todos los paquetes en frecuencia específicas; también tiene un puerto WAN que usualmente está conectado directamente al backbone de Internet o a otra puerta de enlace al Internet.

d) NMS (Sistema de administración de Red)

Es el sistema de gestión de red, que administra los demás elementos de la red.

e) CMTS (Sistema de Terminación de Cable Modem)

Son equipos que se encuentran en el Head End del proveedor de televisión por cable y se utiliza para proporcionar servicios de datos de alta velocidad, como Internet o Voz sobre IP, a los abonados; para lo cual requiere conectar el Head End a Internet mediante enlaces de datos de alta capacidad provistos por un portador autorizado.

Los CMTS pueden administrar un gran número de cable módems, esto depende de la robustez del equipo, por lo tanto el Head End debe contener un número adecuado de CMTs para proporcionar el servicio a todos los cable módems conectados a su red.

Los CMTS disponen de interfaces Ethernet (u otras interfaces de alta velocidad más tradicionales) y de radio frecuencia (RF). De esta forma, el tráfico que llega de Internet puede ser enrutado mediante la interfaz Ethernet, a través del CMTS y después a las interfaces RF que están conectadas a la red HFC de la estación de cable. El tráfico viaja por la red HFC para acabar en el cable módem del abonado. Mientras que el tráfico que proviene del domicilio del abonado pasará por el cable módem y saldrá a Internet siguiendo el camino contrario.

Los CMTS normalmente solo manejan tráfico IP. El tráfico destinado al cable módem enviado desde Internet, conocido como tráfico de bajada (downstream), se transporta encapsulado en paquetes MPEG. Estos paquetes MPEG se transportan en flujos de datos que normalmente se modulan en señales QAM.

El tráfico de subida (upstream, datos del cable módem hacia la cabecera o Internet) se transporta en tramas Ethernet (no MPEG), típicamente en señales QPSK. Un CMTS típico, permite al ordenador del abonado obtener una dirección IP mediante un servidor DHCP, además le asigna un gateway, servidores DNS, etc.

El cable módem de un abonado no puede comunicarse directamente con otros módems en la misma línea. En general, el tráfico del cable módem se en ruta a otros cable módems o a Internet a través de una serie de CMTS y routers.

El CMTS realiza la conversión de paquetes de formato y direccionamiento DHCP. También puede proporcionar rutas, puentes, filtrado y control de tráfico. El combinador de la fusión de la programación de la TV se alimenta con los datos de radiofrecuencia de un CMTS.

Cable Modem (CM)

Este equipo terminal de usuario actúa como interface entre la red HFC del operador y la red del suscriptor; permite convertir las redes CATV en proveedores de servicios de telecomunicaciones.

La mayoría de CM tienen incorporado el CPE (Customer Premises Equipment) y se los denomina SET UP BOX, estos equipos incluyen funcionalidades tanto de manejo de señales RF como de enrutamiento y acceso inalámbrico.

El cable módem trabaja de forma asimétrica, su velocidad de descarga de datos (downstream) es superior a la velocidad de subida (upstream). Sin embargo, algunos módems disponen de la misma capacidad para recepción y transmisión, es decir, son simétricos considerando la evolución en la demanda cada vez mayor de mejores velocidades ascendentes.

La Recomendación ITU-T J.222.1 presenta de forma gráfica el procesamiento de la señal digital en upstream, como se muestra en la figura 24.

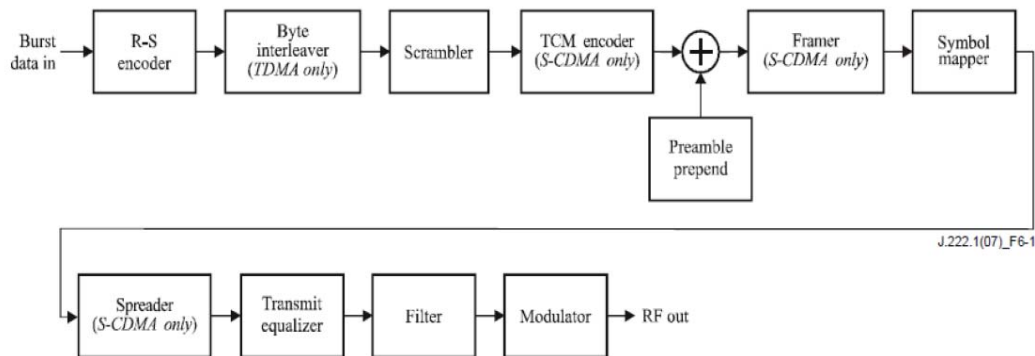


Figura 24.- Procesamiento de señal upstream.

Fuente: Recomendación ITU- T J.222.1-200707.

El cable módem de un abonado no puede comunicarse directamente con un par, el tráfico generado en un CM es enrutado hacia otros CMS o hacia Internet a través de los CMTS y routers.

El tráfico de datos tiene una naturaleza de ráfagas, puesto que los usuarios que comparten una cierta capacidad de transmisión no acceden de forma simultánea al medio, por tanto cada usuario puede apreciar una capacidad relativamente superior, esto se denomina multiplexado estadístico de la red, donde en una red de acceso con medio compartido el usuario utiliza los recursos disponibles en el instante en que los necesita y estos se liberan inmediatamente después de ser utilizados.

En el sentido downstream, el cable módem demodulan los paquetes MPEG y los encapsula en paquetes Ethernet enviándolos al PC del usuario. Para el upstream, se efectúa el proceso inverso, es decir, el cable módem descompone los paquetes Ethernet que recibe del PC y los convierte a un formato propietario, generalmente en formato ATM, para que sea factible la comunicación entre el CM y el CMTS. Se emplea ATM

debido a que permite la transmisión de voz y video mediante conmutación de celdas de tamaño pequeño y constante para reducir la latencia. Se emplea modulación QPSK o QAM.

La asignación del ancho de banda se efectúa a través del protocolo MAC. El CM transmite la señal a través de la red HFC y negocia el acceso a la red con el Head End, determinando la velocidad máxima a la que puede transmitir.

Al encender el CM el Protocolo de arranque BOOTP (Bootstrap Protocol) efectúa la solicitud de una dirección IP, el CMTS le asigna una dirección IP interna y le proporciona la configuración en forma de fichero

El fichero permite la autoconfiguración del CM, puesto que especifica las direcciones IPs permitidas para la gestión del CM, comunidades SNMP, número de equipos con permiso para acceder a la red y la velocidad de subida y bajada.

5.3.2. Estándar DOCSIS

El estándar Data Over Cable Services Interface Specification (DOCSIS) ofrece las pautas necesarias para asegurar la interoperabilidad del hardware, es decir, facilita la instalación, seguridad e interoperabilidad en estas redes. DOCSIS es un estándar internacional, no comercial, que define los requerimientos de la interfaz de soporte de comunicaciones y operaciones para los sistemas de datos por cable; proporciona detalles de la infraestructura requerida de un cable módem CM, desde el CPE hasta el equipo terminal del operador.

Además este estándar detalla las funciones básicas del CM de un cliente (modulación de frecuencias en el cable coaxial, aplicación del protocolo SNMP a los CMs, encriptación de datos, etc.). Cabe señalar que existen muchas funciones adicionales que por lo general no son usadas a menos que el CMTS lo requiera.

5.3.2.1. Evolución

Como ya habíamos mencionado un estándar no comercial que define los requisitos de la interfaz de comunicaciones y operaciones para los datos sobre sistemas de cable, lo que permite añadir transferencias de datos de alta velocidad a un sistema de televisión por cable (CATV) existente. Muchos operadores de televisión por cable lo emplean para proporcionar acceso a Internet sobre una infraestructura HFC (red híbrida de fibra óptica y coaxial) existente.

La primera versión de DOCSIS fue la versión 1.0¹⁹, publicada en marzo de 1997, ofrecía muy baja calidad de servicio de transmisión de datos un identificador y una clase de servicio para ambos enlaces, pero ello no era suficiente para manejar tráfico en tiempo real en determinados servicios de VOZ y VIDEO como la telefonía. Por eso DOCSIS 1.0 se conoce como la tecnología de mejor esfuerzo por que no ofrecía servicios de buena calidad servicios en la transmisión. Por esta razón fue necesario modificar la primera versión.

Para la versión 1.1 se realizaron ajustes en la calidad de servicios QoS, en la clasificación de paquetes tanto en el canal ascendente como en el descendente, en los flujos de servicio en el establecimiento dinámico y en la calendarización de servicio además de agregarle una interfaz de privacidad básica BPI para dar seguridad al sistema entre otras funcionalidades.

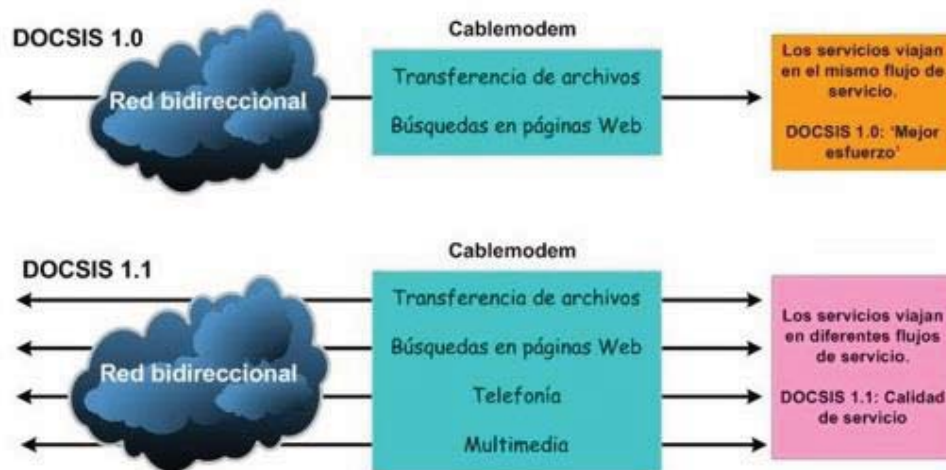


Figura 25.- Servicios DOCSIS 1.x

Fuente: Bitácora Técnica de Tux&Cía

La versión europea de DOCSIS se denomina EuroDOCSIS. La principal diferencia es que, en Europa, los canales de cable tienen un ancho de banda de 8 MHz (PAL), mientras que, en Norte América, es de 6 MHz (NTSC). Esto se traduce en un mayor ancho de banda disponible para el canal de datos de bajada (desde el punto de vista del usuario, el canal de bajada se utiliza para recibir datos, mientras que el de subida se utiliza para enviarlos). También existen otras variantes de DOCSIS que se emplean en Japón.

¹⁹ <http://www.cablelabs.com/cablemodem>

La versión DOCSIS 2.0 fue diseñada para mejorar las prestaciones en banda ancha sobre la red CATV, la velocidad de transmisión fue mejorada a 30.72 Mbps en el canal upstream con una modulación de 64 QAM y en el canal descendente la velocidad de transmisión es de 42.88 Mbps empleando una modulación de 256 QAM y 30.34 Mbps con una modulación de 64 QAM. Este incremento en la velocidad de subida permite al usuario acceder a nuevos servicios en banda ancha.

Los cable módems y los CMTS de DOCSIS 2.0 son compatibles con los equipos DOCSIS 1.0 y 1.1, por tanto la migración no requiere mayores cambios en la infraestructura.

5.3.2.2. Características

El estándar define varias particularidades para su operación, sin embargo es importante resaltar su evolución en la capa física (PHY) y la capa de acceso al medio (MAC). (Cable Television Laboratories, 2009a)

	ANCHO DE BANDA DEL CANAL	MODULACIÓN [downstream]	MODULACIÓN [upstream]
DOCSIS 1.0/1.1	200 KHz – 3.2 MHz	64-QAM	QPSK
		256-QAM	16-QAM
DOCSIS 2.0	6.4 MHz	64-QAM	QPSK
		256-QAM	16-QAM
			64-QAM

Tabla 5.- Capa Física PHY del estándar DOCSIS.

Fuente: Elaboración propia

En relación a la capa MAC, el estándar DOCSIS emplea métodos de acceso deterministas, específicamente A-TDMA y S-CDMA (CDMA sincronizado). En contraste con CSMA/CD empleado en Ethernet, los sistemas DOCSIS experimentan pocas colisiones a pesar de que los usuarios transmiten simultáneamente la información. (Paliza, 2011b)

Entre las ventajas de utilizar S-CDMA se debe mencionar que combate el ruido, así como los efectos de interferencias y errores. Emplea códigos ortogonales alineados en el tiempo para mantener la sincronización, haciendo más robusta la comunicación y evitando interferencias entre usuarios que acceden al medio al mismo tiempo. S-CDMA además utiliza modulación 128 QAM y FEC para corrección de errores.

Por otro lado A-TDMA permite al CMTS asignar de forma precisa el tiempo en el que los usuarios comparten el canal de subida. La modulación empleada es de orden mayor, incrementando a su vez el ancho del canal y a su vez permitiendo el transporte de mayor cantidad de datos.

- Caudal de Datos

El ancho de banda del canal depende tanto del ancho del canal como de la modulación utilizada. El estándar DOCSIS permite utilizar dos técnicas de modulación:

Modulación de Amplitud en Cuadratura (QAM)²⁰ y Modulación por Desplazamiento de Fase en Cuadratura (QPSK)²¹. QAM es el método más popular usado en los cable módems; este cambia la amplitud de dos ondas portadoras en relación a los datos que están siendo transmitidos. (Cisco, 2007, Downey, 2009)

Los cable módems certificados por DOCSIS utilizan 64-QAM o 256-QAM para el canal downstream; y, 16-QAM para el canal upstream.

El ancho de banda de cada canal depende tanto del ancho del canal como de la modulación utilizada. Los cable módems utilizan el ancho de banda equivalente a un canal completo de televisión (6MHz para NTSC) para los datos de bajada. Con canales de 6 MHz y 256-QAM la velocidad podría llegar hasta los 38 Mbps, mientras que con canales de 8 MHz (EuroDOCSIS) y la misma modulación llegaría hasta los 51 Mbps. En el caso de la subida, con un canal de 3,2 MHz y 16-QAM habría disponibles 10 Mbps, aunque en el caso de DOCSIS 2.0 al permitir hasta 6,4 MHz y 64-QAM se puede aumentar hasta 30,72 Mbps. Debido a los ruidos combinados de subida desde el ingreso (la distorsión creada cuando las frecuencias entran a un medio), la tasa de subida de símbolos es menor que la de bajada, la cual no tiene problemas de ruido combinado de ingreso. (Cable Television Laboratories, 2010b, Padilla, 2012)

²⁰ QAM acrónimo de Quadrature Amplitude Modulation, por sus siglas en inglés.

²¹ QPSK acrónimo de Quadrature Phase-Shift Keying, por sus siglas en inglés.

	AÑO	MAXIMA VELOCIDAD (Downstream)	MAXIMA VELOCIDAD (Upstream)	OTRAS
DOCSIS 1.0	1997	42 Mbps	10 Mbps	Sin calidad de servicio
DOCSIS 1.1	199	42 Mbps	10 Mbps	Agrega calidad de servicio, fragmentación, concatenación, supresión, encabezamiento, aprovisionamiento seguro.
DOCSIS 2.0	2001	42 Mbps	30 Mbps	Aumenta ancho del canal de upstream y agrega modulación 64 QAM Incorpora “spread spectrum” en upstream con el SCDMA
DOCSIS 3.0	2006	+336 Mbps	+120 Mbps	incorpora el “bonding”

Tabla 6.- Comparación de velocidades en la evolución del estándar DOCSIS.

Fuente: Elaboración propia

- Encriptación de Datos

BPI es un subconjunto de características de seguridad diseñado para proteger la privacidad de datos en una red DOCSIS. La encriptación del flujo de datos es inicializada en el paso de privacidad base del proceso de aprovisionamiento. Los paquetes de datos sobre la intranet del proveedor son encriptados usando el algoritmo DES y un sistema de claves criptográficas privadas/públicas conocidas como el esquema de KEK.

- Seguridad

Las redes de cable están potencialmente expuestas al riesgo de pérdida de privacidad al utilizar una línea compartida, este problema se profundiza hoy en día por la disponibilidad de herramientas de hacking para cable módems, que tienen como objetivo el robo de servicio, ataques de denegación de servicio o penetración en el sistema del operador de cable.

Para abordar esta problemática se implementó en los CMTS el cifrado de datos y otras características de privacidad especificadas en el estándar DOCSIS ("Data Over Cable Service Interface Specification"), utilizado por la mayoría de cable módems.

Un CMTS además puede proporcionar la modulación del tráfico a fin de garantizar una determinada calidad de servicio (QoS) a los clientes seleccionados.

Las fortalezas o riesgos de seguridad que se pueden encontrar en un sistema de Internet de banda ancha provisto sobre una red HFC dependerán de muchos factores como lo son el estándar DOCSIS utilizado, los CMTS y los CMs utilizados, etc.

- **Certificaciones Digitales**

El uso de certificados digitalmente firmados es para la autenticación del dispositivo, actualizaciones seguras de firmware, y privacidad de datos (en la forma de encriptación). Cada cable módem que sigue las especificaciones de DOCSIS 1.1 contiene un certificado digitalmente firmado de su fabricante que es utilizado en el chip flash del módem. Esta certificación contiene muchos rasgos únicos acerca del módem, tal como su dirección MAC y su número de serie de fábrica, y es conocido como el Certificado de Verificación de Código (CVC). Al instalar un certificado en un cable módem, un operador de servicios puede asegurarse que el módem solo bajará e instalará el firmware que al cual está autorizado por el CMTS.

- **Configuración Dinámica**

A través de extensiones adicionales de QoS, un operador de cable puede implementar características tales como configuración dinámica. La configuración Dinámica es un módulo que permite al servidor de aprovisionamiento generar los archivos de configuración en la marcha cuando un cable módem está tratando de registrarse en la red. Este tipo de configuración de host permite que el equipo de cada cliente sea configurado individualmente cuando sea necesario, en lugar de usar archivos de configuración predefinidos.

- **Sincronismo de tiempo y frecuencia en HFC**

El sincronismo en las redes de cable es esencial por dos razones. La primera razón es que debido a que el medio de transmisión físico es compartido por todos los cable módems en la red, la conectividad básica puede causar altos niveles de interferencia de transmisión a menos que la sincronización sea precisa. Los módems de cable dentro de la red se conectan al sistema de terminación de cable módem (CMTS).

El módem debe pasar por un proceso que van a sincronizar su frecuencia y calendario para el CMTS. Este proceso asegura que todos los módems de distribución de la red HFC y el CMTS no se interfieran entre sí.

En el modo de acceso múltiple por división de tiempo asíncrona (A-TDMA), cada cable módem recibe una ranura de tiempo específico para transmitir, y todas las ranuras de tiempo están alineados entre los cientos de módems para evitar que dos módems transmitan sus datos a la vez en un mismo canal durante el mismo intervalo de tiempo (salvo para las ranuras de contención).

En el acceso múltiple por división de código sincrónico (S-CDMA), los módems de cable están perfectamente alineados para transmitir simultáneamente en el mismo canal de RF durante el mismo horario. El acoplamiento exacto es importante pues asegura que el CMTS demultiplexe correctamente la información transmitida desde diferentes módems; si los módems no están bien sincronizados las transmisiones se perderán completamente.

La segunda razón por la que la sincronización es importante, radica en un requerimiento de la arquitectura de los CMTS modulares (M-CMTS), que ofrecen nuevos servicios de emulación de circuitos T-1 o E-1, por lo que requieren sincronización muy precisa en las redes de cable.

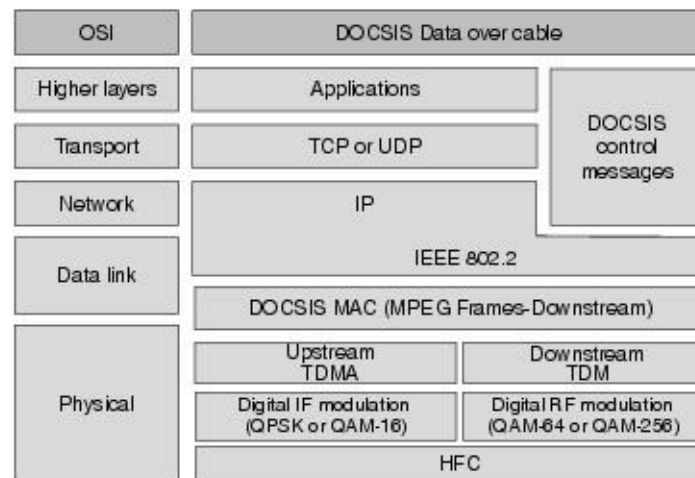


Figura 26.- Correspondencia de DOCSIS con el Modelo OSI

Fuente: CISCO

5.3.2. Escalabilidad en redes HFC – DOCSIS 3.0

En agosto de 2006 se emitieron las especificaciones finales del DOCSIS 3.0, cuya principal novedad reside en el soporte para IPv6 y el "channel bonding", que permite utilizar varios canales simultáneamente, tanto de subida como de bajada, por lo que la velocidad podrá sobrepasar los 100 Mbps en ambos sentidos. Los equipos con el nuevo

protocolo llegarán a velocidades de descarga de datos de 160 Mbps y subidas a 120 Mbps. Además permite la configuración flexible de equipos y soporte para servicios de Negocios con mejoras en temas de Calidad de Servicio.

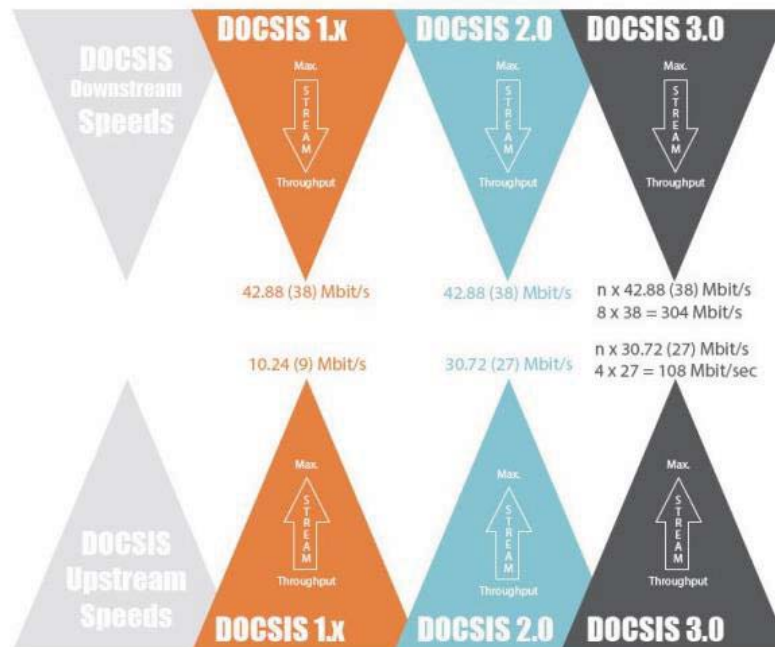


Figura 27.- Downstream y upstream con DOCSIS

Fuente: <https://www.versatek.com/blog/docsis-transforming-cable-companies-into-broadband-companies/>

Considerando que un operador de televisión por cable tiene ya su infraestructura instalada, la implementación de DOCSIS 3.0 en su red constituye una solución más flexible y escalable que sus predecesoras, proporciona una ventaja tecnológica para proveer acceso a Internet ofreciendo velocidades competitivas, con una inversión no tan significativa así como un tiempo de implementación relativamente corto.

Es importante resaltar las principales ventajas de esta implementación:

- Flexibilidad y escalabilidad, lo que permite simplificar y acelerar la introducción de nuevos servicios multimedia en alta definición (HD), en formato “Triple Play”, como voz sobre cable (VoCable) e IPTV (Internet Protocol Television), entre otros.
- Mejorar la capacidad de subida hasta tres veces respecto a sus predecesores DOCSIS 1.0/1.1; esto gracias a la implementación de tecnologías de Acceso

Múltiple por División en el Tiempo Avanzado (A-TDMA) y Acceso Múltiple por División de Código Sincrónico (S-CDMA) en sus cable módems. Sin embargo, su equipamiento es plenamente interoperable y compatible con las versiones anteriores.

- A nivel de arquitectura representa una ventaja para el operador de cable, debido a que es posible dividir las capacidades de ruteo y de modulación de amplitud cuádruple (Edge QAM), dando flexibilidad al MSO de seleccionar un Edge QAM universal y aumentar así capacidades de upstream y downstream.
- Según afirma Méndez (2016) a través de la implementación de la simultaneidad de cuatro canales de 6MHz (channel bonding), el estándar permite alcanzar velocidades de entrega o “bajada” al usuario final (downstream) de 160Mbps, y velocidades “subida” (upstream) de 120Mbps, por un costo bajo.
- El channel bonding permite proveer mayores velocidades para clientes empresariales, a través de un channel bonding de ocho canales, para obtener velocidades de downstream de 320 Mbps.
- Soporta IPv6.
- A nivel de seguridad, DOCSIS 3.0 es capaz de manejar un sistema estándar de cifrado avanzado, conocido como AES (Advanced Encryption Standard), cuya robustez representa una mejor prevención contra hackers y virus. Adicionalmente, el estándar soporta capacidades de multicasting (el mismo contenido para diferentes usuarios), que optimizan el desempeño de la red, principalmente para aplicaciones de IPTV.

5.3.2.1. Arquitectura Modular M-CMTS

La arquitectura de los M-CMTS, la interfaz de sincronización, interfaz llamada DOCSIS tiempo (DTI), asegura que el centro M-CMTS, borde modulador QAM y aguas arriba se sincronizan con el apoyo a los actuales requisitos DOCSIS para la frecuencia y las marcas de tiempo que existía en el tradicional CMTS. En una arquitectura de M-CMTS, un cable módem recibe su sincronización desde el modulador QAM borde para que se lo sincroniza con otros módems de cable para transmitir adecuadamente al receptor estalló contra la corriente. Además, el centro M-CMTS se sincroniza con el modulador QAM borde a lo programado, insertar marcas de hora correcta y MPEG para video.

Se ha considerado el diseño modular como una característica adicional a las especificaciones de DOCSIS para permitir flexibilidad y escalado independientemente de ciertas funciones de la CMTS y para permitir a la operadora una utilización de los recursos de la red más eficientes.

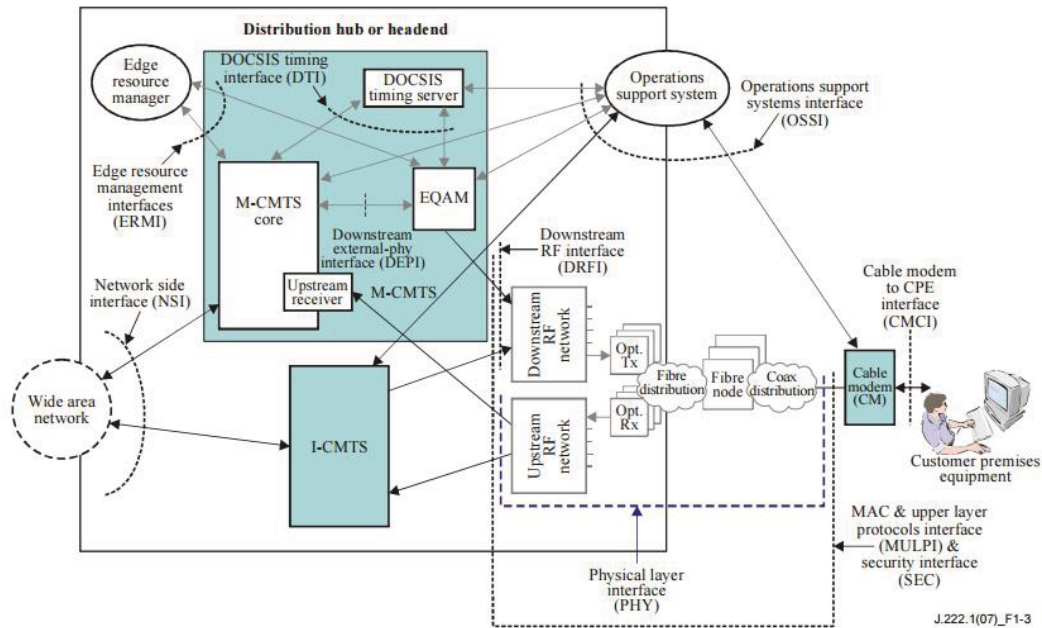


Figura 28.- Arquitectura de un M-CMTS.

Fuente: Recomendación ITU T J.222.1-200707.

Conforme las especificaciones de Cable Television Laboratories los elementos más importantes en una arquitectura M-CMTS se presentan en la figura 37.

- *Edge QAM (EQAM)* es un chasis que dispone de una más entradas Gigabit Ethernet así como múltiples moduladores QAM y upconverters RF en la salida, soportan tanto video como DOCSIS para datos, lo que permitirá al operador utilizar los mismos recursos de modulación en downstream para múltiples servicios como datos, voz y video. Cada salida es considerada como un canal QAM, en lugar de lo que realmente sería: “Modulador QAM y RF Upconverter”.
- *Core M-CMTS* efectúa todas las funcionalidades de un CMTS tradicional excepto las funciones que realiza propiamente el EQAM. El núcleo de M-CMTS tiene funcionalidades de capa MAC, así como la inicialización y operación del software.

Respecto a las funcionalidades de capa MAC se refiere a la señalización programación de ancho de banda y tramas DOCSIS. En la figura 37 se muestra

los receptores upstream DOCSIS como parte de la M-CMTS core, sin embargo se pueden utilizar externos.

- *Interfaz de sincronización (DTI)* proporciona una frecuencia común de 10,24 MHz y un servidor DOCSIS Timestamp a otros elementos del M-CMTS.
- *DEPI* conocido como Downstream External PHY Interface es un túnel IP entre la MAC downstream del M-CTMS y downstream de PHY en el EQAM, es decir, es el interface entre el core M-CMTS y el equipo EQAM.
- *DRFI* (Downstream Radio Frequency Interface) es la interfaz que recoge todos los requerimientos de RF del downstream para CMTS con DOCSIS integrado, M-CMTS y sistemas VOD EQAM.
- *DTI* (DOCSIS Timing Interface) es un interfaz punto a punto desde el Servidor DTI hacia otros elementos de la M-CMTS. La especificación DTI define el comportamiento y los protocolos del servidor y cliente DTI. El servidor DTI es el generador de la señal de tiempo mientras que tanto el Core M-CMTS y EQAM tienen un cliente DTI. El Servidor DTI distribuye la frecuencia 10.24 MHz y el timestamp DOCSIS sobre UTP (par trenzado sin blindaje). El protocolo DTI automáticamente compensa la longitud del cable y asegura que todos los elementos de la M-CMTS tengan el mismo tiempo y frecuencia.
- *ERMI* (Edge Resource Manager Interface) involucra tres interfaces, el primer interfaz de registro entre EQAM y ERM (Edge Resource Manager) es utilizado para destinar y liberar recursos EQAM (p.ej. canales QAM) del ERM. El segundo interfaz de control entre EQAM y el ERM es utilizado por un ERM para solicitar recursos de canal QAM del EQAM, y por parte del EQAM para liberar recursos hacia el ERM. El tercer interfaz de control entre Core M-CMTS y el ERM es utilizado por el Core M-CMTS para solicitar canales específicos en el canal QAM desde el ERM, y por el ERM para responder a dichas peticiones con la localización de los canales QAM.

El sistema debe funcionar en caso de ausencia de un ERM. En caso de no haber ERM, habrá una configuración estática de forma que el core M-CMTS sea provisionado o configurado con la suficiente información para enviar datos a los EQAMs, y tiene suficiente conocimiento de los recursos disponibles en cada EQAM para acceder a dichos recursos. Los EQAMs deben poder trabajar con el core M-CMTS incluso cuando no han registrado sus recursos en un ERM.

- *MOSSI* (Interfaz modular del sistema de soporte de operaciones) CMTS [M-OSSI], proporciona la interfaz de administración para Cada componente del

sistema. Esta interfaz es una extensión de la OSSSI definida en las especificaciones DOCSIS para Supervisar la gestión de las funciones CMTS. Esta interfaz podría utilizarse en lugar de un MTC y la ERMI para configurar estáticamente y asociar recursos de canal QAM con núcleos M-CMTS. Esta interfaz permite Modificación del parámetro de capa física del canal QAM por el núcleo M-CMTS o el EQAM y proporciona Un mecanismo mediante el cual el operador puede "bloquear" ciertos parámetros en el EQAM para que sólo puedan ser modificados ahí. Este documento define el mecanismo para comunicar estos ajustes de parámetros al otro lado.

- *NSI (interfaz de red)* es la interfaz física que el CMTS utiliza para conectarse a la red troncal, puede ser Ethernet de 100 Mbps o 1 Gbps.
- *CMCI (interfaz del cable módem para el equipo de premisas del cliente)* normalmente es Ethernet 10/100 Mbps o USB. Con DOCSIS 3.0, Gigabit Ethernet también se espera que sea típico.

Un ERM normalmente gestiona múltiples EQAMs, la comunicación entre ellos será IP, para lo cual un EQAM utiliza un Query DNS para obtener la IP del servidor ERM. También puede ser configurado para comunicarse con un ERM secundario, en caso que el primario no sea accesible por algún motivo. No obstante un canal QAM es controlado por un único ERM en un momento dado.

El EQAM tendrá varios canales QAM, las características de cada canal individual QAM son guardadas en el ERM. El ERM puede aplicar unas políticas u otras para asignar canales QAM, según las políticas del operador. Estas políticas pueden tener en cuenta factores como load balancing de canales QAM, tráfico DOCSIS bonded puede compartir tráfico con un canal QAM con tráfico de VOD.

En un EQAM, los canales QAM están físicamente conectados a puertos RF. Un único puerto RF puede estar asociado a múltiples canales QAM. El puerto RF puede imponer limitaciones en la configuración de los canales QAM asociados. Por ejemplo, todos los canales QAM asociados con un único puerto RF pueden ser requeridos a configurar todos de forma idéntica. Aunque un canal QAM usado por una aplicación de vídeo y otro usado por DOCSIS pueden usar la misma frecuencia portadora y tipo de modulación, pueden tener diferentes configuraciones de entrelazados.

5.3.2.2. Channel Bonding

Downstream Channel Bonding se refiere al envío de varios streams de tramas DOCSIS hacia múltiples portadoras QAM. En la arquitectura CMTS Modular, el downstream se implementa en el Core M-CMTS. Los paquetes del backbone IP se introducen en una trama DOCSIS en el Core M-CMTS, esta trama DOCSIS es enviada a uno de los canales QAM en el Bonding Group. Los paquetes van etiquetados con un número secuencial de forma que la secuencia propia no se pierde en caso de latencias entre los canales. En el sistema, el equipo EQAM no se da cuenta que se está realizando bonding, e ignora los detalles del protocolo de Bonding.

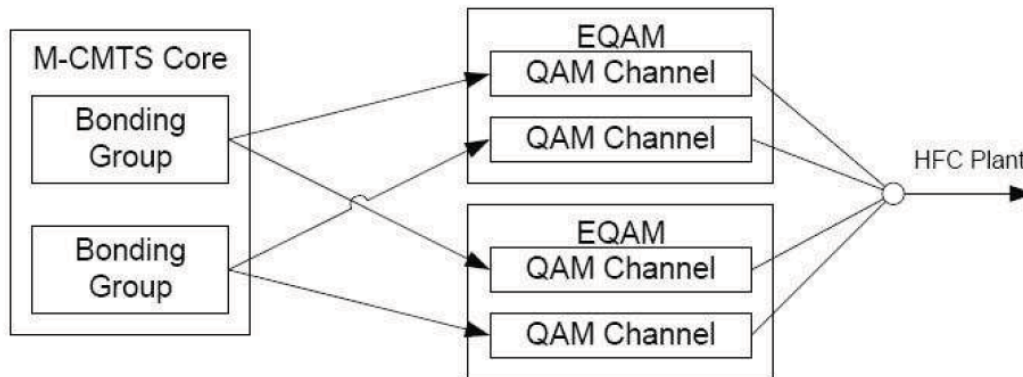


Figura 29.- Arquitectura de un M-CMTS.

Fuente: Recomendación ITU T J.222.1-200707.

5.3.3. El futuro de DOCSIS

El despliegue de la banda ancha en todas sus modalidades ha dado un giro a la provisión de Internet así como las necesidades de navegación. Alrededor del mundo la mayoría de usuarios todavía se conectan a través del par de cobre, es decir, soluciones ADSL, aunque la tendencia va hacia el cable coaxial y fibra óptica ha crecido.

El estándar DOCSIS 3.1 publicado en octubre de 2013, contiene las especificaciones de interfaz del servicio de datos por cable, con el objetivo de potencializar las redes de cable: Sus mejoras técnicas permiten a los operadores aumentar significativamente el rendimiento de sus redes de cable en el enlace descendente y ascendente sin tener que realizar costosas modificaciones en la infraestructura de red HFC.

Las redes de cable actuales utilizan diferentes versiones del estándar. En la tabla 7 se muestran las diferencias entre DOCSIS 3.0 y DOCSIS 3.1 en el enlace ascendente y descendente.

Enlace descendente			Enlace ascendente		
Parámetro	DOCSIS 3.1	DOCSIS 3.0	Parámetro	DOCSIS 3.1	DOCSIS 3.0
Modulación	OFDM 4k y 8k FFT similar a DVB-C2	Portadora única con J.83/B o DVB-C	Modulación	OFDM 2k y 4k FFT similar a DVB-C2	Portadora única con TDMA o CDMA
Rango de frecuencias	108 MHz a 1218 MHz (1794 MHz)	45 MHz a 1002 MHz	Rango de frecuencias	5 MHz a 204 MHz	5 MHz a 50 MHz
Ancho de banda de canal	hasta 192 MHz	6 MHz o 8 MHz	Ancho de banda de canal	hasta 96 MHz	hasta 6,4 MHz
Orden QAM	hasta 4096 (opcional 8k, 16k)	hasta 256	Orden QAM	hasta 4096	hasta 64
Corrección de errores	LDPC, BCH	Reed-Solomon	Corrección de errores	LDPC, BCH	Reed-Solomon, Trellis
Velocidad de enlace ascendente	10 Gbit/s (20 Gbit/s)	300 Mbit/s (1 Gbit/s)	Velocidad de enlace ascendente	1 Gbit/s (2,5 Gbit/s)	100 Mbit/s (300 Mbit/s)

Tabla 7.- DOCSIS 3.1 vs. DOCSIS 3.0.

Fuente: DOCSIS 3.1: el “turbo” para la televisión por cable e Internet.

La demanda de más ancho de banda y mayor calidad de servicio aumenta; según la ley de Nielsen la oferta de máxima capacidad se duplica cada dos años, mostrando un comportamiento como se presenta en la figura 39.

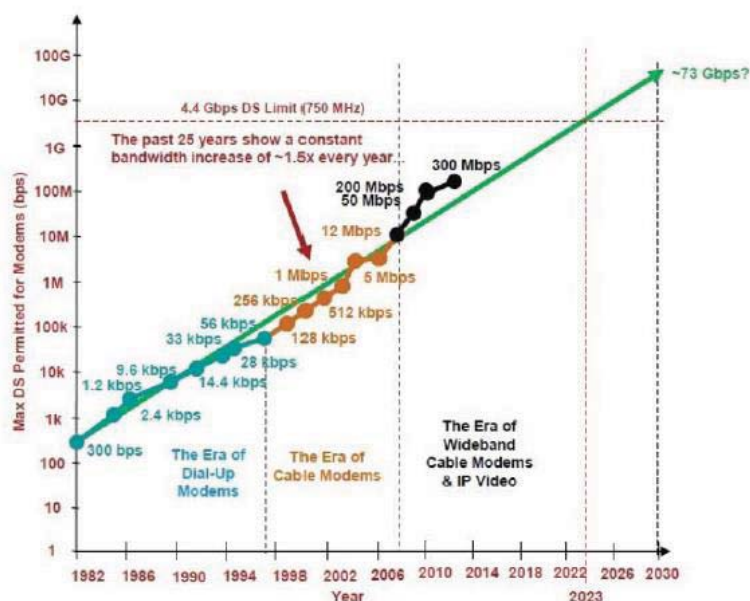


Figura 30.- Ley de Nielsen.

Fuente: Nuestras redes de cable están listas para DOCSIS 3.1

Hoy en día el servicio de Internet vía cable tiene una fuerte competencia con los proveedores de servicios inalámbricos (telefonía móvil), así también los nuevos servicios empresariales, servicios OTT (over the top), transmisiones de televisión en 4K y 8K exigen accesos cada vez más rápidos a Internet. Disponer de una velocidad de conexión alta y estable es un requisito imprescindible para plataformas de vídeo online como Netflix pero también para las partidas online de los videojuegos de última generación y,

en general, para todo tipo de contenidos en UHD que ahora se consumen en todo tipo de pantallas, desde la del ordenador a la del móvil.

DOCSIS 3.1 cumple todos los requisitos de estos nuevos servicios, con su elevada velocidad de transferencia de datos y se convierte en un factor decisivo para el éxito de los operadores de cable a la hora de mantener su posición en el mercado.

Considerado las bondades de la fibra óptica y a fin de convertir el cable coaxial en un medio competitivo frente a las ventajas de la fibra óptica, ha salido a la luz la tecnología DOCSIS 3.1, como el más reciente estándar de su generación, cuya mejora radica en la facilidad para la transferencia de datos a través de las redes de cable que dispara la eficiencia ofreciendo velocidades muy superiores a las que hoy en día ofrecen los operadores a los consumidores.

El estándar DOCSIS 3.1, publicado a finales del 2013, comprende una tecnología que debe ser el siguiente paso para las compañías de cable. Sus velocidades teóricas máximas son de 10.000 Mbps de bajada y 1.000 Mbps de subida; entre sus principales prestaciones se puede mencionar:

- Soporta capacidades de al menos 10 Gbps downstream y 1 Gbps upstream utilizando el QAM 4096.
- Elimina la separación de canales de 6 MHz y 8 MHz y en su lugar usan subportadoras ortogonales de multiplexación por división de frecuencia (OFDM) más estrechas (de 20 kHz a 50 kHz de ancho); Estos pueden ser enlazados dentro de un espectro de bloque que podría llegar a ser de unos 200 MHz de ancho.
- Provee nuevas características de administración de energía que ayudarán a la industria del cable a reducir su consumo de energía y el algoritmo DOCSIS-PIE para reducir bufferbloat.

En Estados Unidos, el proveedor de banda ancha Comcast anunció en febrero de 2016 que varias ciudades dentro de su huella tendrán disponibilidad DOCSIS 3.1 antes de fin de año.

Según reportes de (TIC Beat, 2016) la tecnología DOCSIS 3.1 ya es una realidad en España a la vista de las pruebas llevadas a cabo por Huawei, que negociará en los próximos meses el despliegue de su tecnología con diferentes operadores de cable. En el lado del usuario ya se han presentado los de primeros prototipos módems capaces de trabajar sobre este nuevo estándar que ofrecerá una velocidad de conexión muy superior a la actual.

5.4. ANÁLISIS PARA LA MIGRACIÓN DE UNA RED HFC PARA PROVEER ACCESO A INTERNET

5.4.1. Descripción de la Situación actual

Lozano (2015) cita las proyecciones de Business Bureau que analizó las cifras de Argentina, Brasil, Caribe, Chile, Colombia, Ecuador, México, Perú, Puerto Rico, Venezuela y Uruguay, respecto a la penetración de la televisión por suscripción como se muestra en la figura 31.



Figura 31.- Penetración TV por Suscripción en América Latina.

Fuente: Lozano, Constanza (2015); Cable Servicios S.A.

Para el año 2018, la TV por Suscripción llegará a un total de 111,42 millones en América Latina, lo que se traduce en un incremento de casi 20 puntos porcentuales de la penetración registrada en la actualidad, llegando entonces a un 70%. (Lozano, 2015)

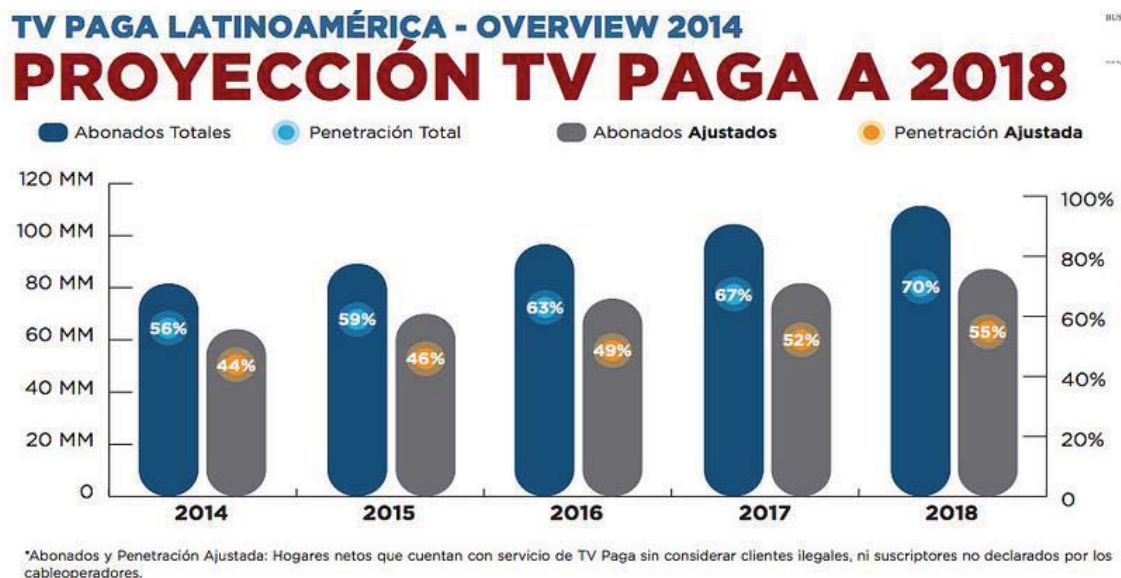


Figura 32.- Predicción de la Penetración TV por Suscripción en América Latina.

Fuente: Lozano, Constanza (2015); Cable Servicios S.A.

Según lo manifiesta la Consultora Dataxis²² (2015) Argentina se posiciona como el país con mayor Penetración de TV Paga en América Latina, seguido por la región del Caribe (compuesta por Aruba, Barbados, Curacaco y Trinidad y Tobago) cuenta con un alto índice de cobertura de TV Paga. Sin embargo, aún hay regiones donde la TV Paga aún tiene mucho camino por recorrer, como Bolivia, El Salvador, Nicaragua y Guatemala cuyos ratios de cobertura no superan el 30%.

La Consultora ecuatoriana IMAGINAR (2015) sostiene que en el año 2015 la penetración de la televisión por suscripción en nuestro país era de aproximadamente el 30%, con una marcada tendencia al crecimiento como se puede apreciar con en la figura 23.

²² Empresa especializada en Inteligencia de Mercado en TV y Telecom en América latina.

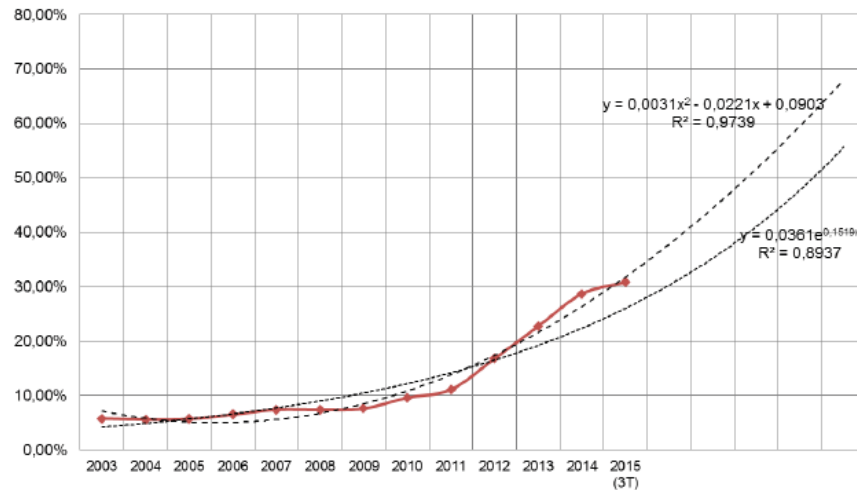


Figura 33.- Evolución del porcentaje de penetración del servicio de audio y video por suscripción en Ecuador.

Fuente: Carrión, Hugo (2015); IMAGINAR.

Tomando como base la información publicada por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, se puede apreciar una alta concentración de los suscriptores de TV paga entre diez operadores, los cuales se detallan en la tabla 8, representando aproximadamente el 70% de suscripciones de este servicio.

No.	ISP	PROVINCIA	COBERTURA	NÚMERO DE SUSCRIPCIONES JUN-16
1	SETEL S.A.	PICHINCHA	QUITO, ALANGASÍ, GUANGOPOLO, LA MERCED, LLANO CHICO, NAYÓN, CONOCOTO, CALDERON, ZAMBIZA, TUMBACO, CUMBAYÁ, PINTAG, POMASQUI, SAN ANTONIO, SANGOLQUÍ, TULCÁN, IBARRA, AMBATO, SAN BARTOLOMÉ DE PINLLOG, RIOBAMBA, GUAYAQUIL, ELOY ALFARO (DURÁN), SAMBORONDÓN (IN	192.590
2	ALFA TV	PICHINCHA	QUITO, CONOCOTO, CALDERON, LLANO CHICO, NAYO, POMASQUI, SAN ANTONIO, ZAMBIZA	24.213
3	TV NET	GUAYAS	GUAYAQUIL, DAULE, SAMBORONDON, MANTA, MACHALA, IBARRA, QUITO, ALANGASÍ, CALDERON (CARAPUNGO), CONOCOTO, CUMBAYA, SANGOLQUÍ	23.886
4	COLORADOS VISION	SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	SANTO DOMINGO DE LOS COLORADOS	12.830
5	PUERTO CABLE	EL ORO	PUERTO BOLIVAR, MACHALA	11.990

No.	ISP	PROVINCIA	COBERTURA	NÚMERO DE SUSCRIPCIONES JUN-16
6	PASAJE TV	EL ORO	PASAJE	10.908
7	IMBACABLE	IMBABURA	IBARRA	6.817
8	CABLEEXPRESS	GUAYAS	ELOY ALFARO (DURAN)	4.285
9	DAULEVISION	GUAYAS	DAULE, PEDRO CARBO, SANTA LUCIA, NARCISA DE JUSUS, LOMAS DE SARGENTILLO, PALESTINA, LIMONAL, LAUREL, MAGRO, EL MATE	3.495
10	FAMILIA TV	MANABI	MONTECRISTI, MANTA	3.235

Tabla 8.- Top ten de proveedores de televisión por cable por número de suscripciones.

Fuente: Elaboración propia sobre información de ARCOTEL, junio 2016.

5.4.2. El potencial de las redes HFC

Estudios como los efectuados por DATAxis relacionados con la televisión paga predicen que en los próximos años experimentará una evolución interesante, como resultado de la incursión en el mercado de nuevos servicios como la Televisión digital terrestre, VoD, OTT y demás aplicaciones y contenidos, que han dinamizado la oferta de servicios.

Con estos antecedentes los cableoperadores deberán redefinir sus modelos de negocio, para evolucionar conforme el mercado lo exige; pues resulta cada vez más cotidiana la conexión de usuarios a Internet a través de multipantallas (PC, laptop, tablets, teléfonos móviles, smarTV, etc).

En este entorno de constante evolución, las tecnologías de acceso a Internet también son variadas, predominando en nuestro país los accesos ADSL (cobre), HFC (cable coaxial-fibra óptica) y FTTH (fibra óptica). No obstante debido a los requerimientos cada vez más exigentes respecto a anchos de banda, costo de implementación, entre otras características, las redes HFC y FTTH se han consolidado como las que ofrecen mejores prestaciones.

Desde el punto de vista netamente técnico, las redes FTTH proporcionan las mejores condiciones en cuanto a calidad y rendimiento de la red, puesto que debido a la naturaleza dieléctrica de la fibra es menos susceptible a las atenuaciones, así como a la manipulación indebida de la red física, puesto que para efectuar un empalme de red se requiere de equipos y personal capacitado, sin embargo esto también se traduce en costos mayores para su despliegue.

A continuación se presenta una breve comparación entre las redes HFC y FTTH, tomando en cuenta aspectos no solo de orden tecnológico:

CARACTERÍSTICA A EVALUAR	HFC	FTTH
Costo de red externa	medio	medio/alto
Apto para IPTV	✗	✓
Ancho de banda por usuario	40Mbps	40 a 1.2 Gbps
Costo de equipos del cliente	medio	medio/alto
Red totalmente pasiva	✗	✓
Duración de la red de planta externa	10 años	30 años o más
Loop de abonado	600 metros	20 km
Soporte para NGN	✗	✓
Velocidad independiente de la distancia hasta el usuario	✗	✓
Inmune a ruido, interferencias y otros factores	✗	✓
Costo de mantenimiento de la red	medio	bajo
Preparada para nuevos servicios de gran ancho de banda	✗	✓
Apta para servicios de HDTV	✓	✓
Apta para VoD	✗	✓
Apta para juegos online	✗	✓
Apta para servicios de seguridad	✗	✓
Ancho de banda de subida simétrico	✗	✓
Consumo de electricidad	alto	bajo

Tabla 9.- Comparación entre HFC y FTTH.

Fuente: Domínguez, Juan (2014)²³.

A simple vista las redes FTTH deberían ser la tendencia obligada para la evolución de las redes de acceso a Internet, sin embargo es indispensable analizar las condiciones particulares de cada entorno. En nuestro país por ejemplo la infraestructura de fibra óptica aún no alcanza a toda la población, puesto que su despliegue cubre por el momento las

²³ Domínguez, Juan (2014). Recuperado de <http://slideplayer.es/slide/1082058/>

ciudades principales. Precisamente son en estas ciudades donde ya se dispone de planes FTTH, donde los proveedores han apostado a un despliegue de infraestructura con una modalidad de costo compartido entre el usuario y el proveedor.

Por otro lado, las redes HFC se convierten en una alternativa plenamente viable desde varios aspectos:

- Reutilización de la red física ya implementada.
- Reducción de costos de inversión.
- Promueve la convergencia tecnológica y de red.
- Posibilidad de una migración parsimoniosa hacia FTTH.
- Convergencia de equipos, puesto que cada versión nueva y mejora que propone DOCSIS es plenamente compatible con sus predecesoras.

Con estas consideraciones, se considera que la utilización de redes HFC para la provisión de servicios adicionales a la televisión por suscripción, es una opción adecuada.

5.4.3. Mercado objetivo

La Consultora Dataxis (2015) manifiesta que el crecimiento de la televisión por suscripción en América Latina se ha desacelerado respecto a años anteriores. Mientras tanto, el sector de OTT y TV Everywhere se encuentra en una etapa de esplendor.

Para hacer frente a la competencia de servicios OTT como Netflix, los operadores de TV paga están integrando y ofreciendo diversos servicios de TV Everywhere de los canales de TV como Fox y ESPN a quienes tienen la suscripción de estos canales. En 2013 y 2014 ha crecido al 129% anual.

Una de las conclusiones del NexTV Summit que se llevó a cabo a finales del 2015 en Colombia, advertía que el futuro de las redes CATV tradicionales se veía seriamente amenazado, puesto que la mayoría de contenidos Ultra alta definición están disponibles primero para servicios OTT que para redes tradicionales. Esta afirmación se convirtió en una realidad en la transmisión de los Juegos olímpicos en Brasil que se desarrollaron en el presente año.

Con este escenario los operadores de televisión por suscripción se ven obligados a ampliar sus ofertas hacia servicios multiplay, con la finalidad de fidelizar a sus clientes; para esto es necesario examinar detenidamente el tipo de servicios multiplay que puede ofertar, perspectivas de crecimiento y los ingresos adicionales que se obtendría.

Otra ventaja esperada con la oferta de servicios multiplay es la reducción del churn²⁴ de suscriptores, que la mayoría de cable operadores sufre en mayor o menor medida. Este es un indicador importante que mide la insatisfacción del cliente ya sea por el costo del producto o servicio y/o las ofertas de la competencia, o por algún suceso en el ciclo de vida del cliente.

$$CHURN = \frac{\text{clientes que se diron de baja en el periodo}}{\text{clientes al inicio del periodo}}$$

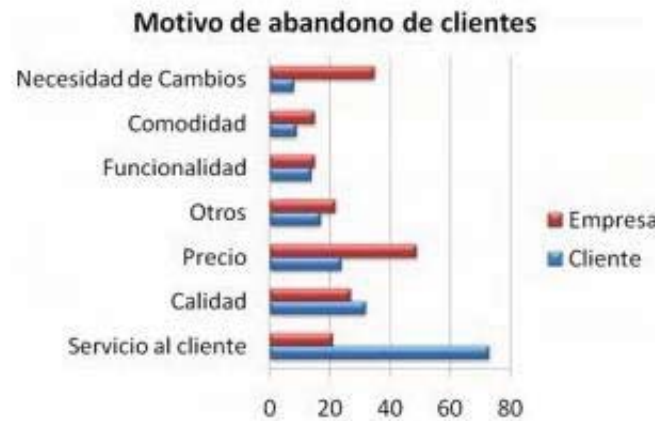


Figura 34.- Motivos de deserción de clientes.

Fuente: GRAVITAR (2008).

Muchas empresas asumen la tasa de abandono como una condición normal del negocio y sus esfuerzos se enfocan en la captación continua de nuevos clientes, esto tarde o temprano es más costoso que tratar de conservar los clientes que se tienen actualmente. (GRAVITAR, 2008)

Aunque reducir el churn a 0% es casi imposible, existen buenas prácticas para reducir la tasa de deserción, entre las que se podría mencionar:

- Identificar el problema
- Explotar la marca
- Añadir un valor agregado
- Fidelizar a los clientes
- Cumplir las expectativas de los clientes

²⁴ Churn: Tasa de decepción o abandono de clientes debido a diversas causas.



Figura 35.- Porcentaje de Churn por Sector empresarial.

Fuente: GRAVITAR (2008).

Los proveedores de servicios que operan en países donde los organismos reguladores les impiden ofrecer un servicio específico han forjado acuerdos comerciales con proveedores de servicios complementarios para agrupar sus servicios, por esta razón las políticas gubernamentales juegan un papel importante en la configuración de las estrategias de agrupación de los operadores.

La desaceleración en el crecimiento del servicio de televisión por suscripción se traduce también en una disminución de ingresos por lo que es indispensable desarrollar nuevas fuentes de ingresos y fidelización de suscriptores. Con este objetivo los operadores latinoamericanos están dispuestos a invertir recursos sustanciales para incorporar en sus ofertas comerciales voz móvil, banda ancha móvil y Wi-Fi.

Dadas las perspectivas de aumento de la penetración de banda ancha en la región, los principales operadores se están moviendo en el negocio de video OTT mediante el desarrollo de sus propias plataformas. Estos operadores podrían incorporar próximamente video OTT en sus ofertas agrupadas

Según el análisis efectuado por la ARCOTEL sobre la base la información estadística del último censo en Ecuador (2013), el acceso a Internet varía dependiendo del tipo de población que se analice, como se aprecia en la figura 26, el acceso a Internet en zonas rurales aún es reducido, esto debido a la poca rentabilidad que representa el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones en zonas deprimidas, es decir, con un nivel adquisitivo no muy alto. Es importante señalar que el acceso Internet fue declarado como un derecho humano en la Asamblea General de las Naciones Unidas por lo que es

compromiso de los estados miembros proporcionar las políticas que incentiven la disminución de esa brecha digital.

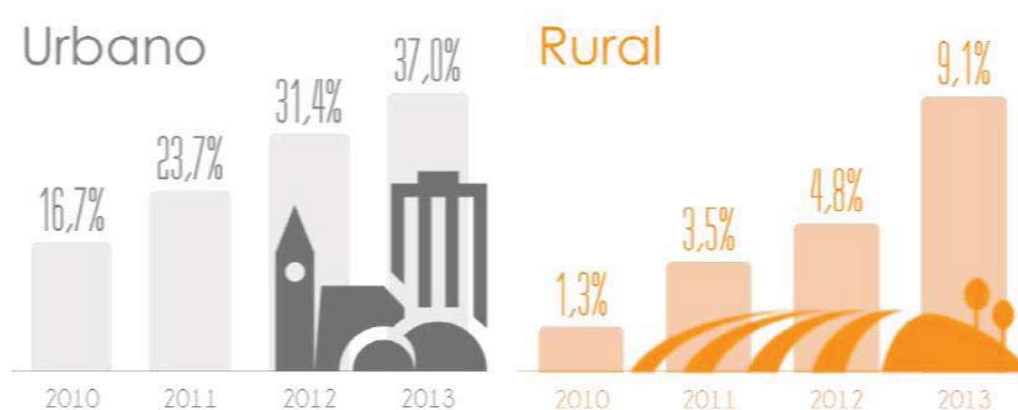


Figura 36.- Acceso a Internet Urbano vs. Rural.

Fuente: Boletín Estadístico No. 6 ARCOTEL

5.4.3. Servicios a ofertar

De acuerdo con (Pyramid Research, 2013) a medida que el índice de crecimiento económico se acelere y los ingresos familiares se incrementen en América Latina, se espera que los operadores amplíen sus ofertas "multiplay" y de paquetes, y aumenten sus esfuerzos para convencer a sus clientes actuales de que adquieran paquetes de servicios múltiples.

Pyramid Research estima que “para el año 2017, la cantidad de hogares 'multiplay' en América Latina llegue a 69,9 millones, desde los 42,3 millones de fines del 2012”, afirma Guillermo Hurtado, analista de investigación de Pyramid Research. La capacidad de ofrecer paquetes "multiplay" se ha convertido en un elemento competitivo clave en las carteras de los operadores.

5.4.3.1. Servicio de televisión por suscripción en modalidad de cable físico

Considerando que la red HFC fue concebida para la transmisión de señales de televisión, los proveedores mantendrían la oferta de dicho servicio. Además la implementación de canal de retorno permite al operador ofrecer nuevas funcionalidades a sus usuarios como el Parental Control, firewalls, entre otros.

La convergencia tecnológica que se experimenta en el mundo, ha transformado los hábitos de consumo de los usuarios de contenidos audiovisuales, que cada vez más privilegian su acceso a través de plataformas por Internet, como los servicios over-the-top (OTT). Una de las fortalezas de servicios como Netflix, ClaroVideo, Veo, Cinépolis Klic, entre otros es la ubicuidad desde diferentes dispositivos como computadoras, smartphones, tablets o smart TV.

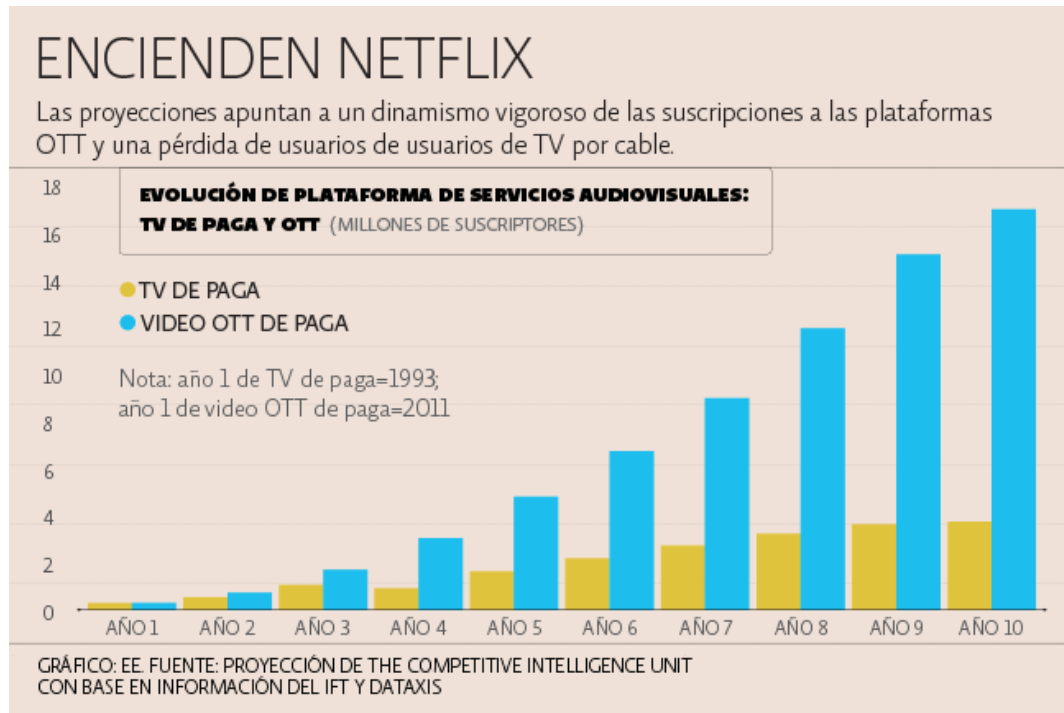


Figura 37.- Proyección de suscripciones a OTT y CATV.

Fuente: <http://eleconomista.com.mx/industrias/2015/07/13/hay-inequidad-fiscal-entre-ott-tv-paga>

Como se aprecia en la figura 37, las suscripciones a OTT crecen aceleradamente, anunciando a futuro una sustitución casi absoluta de la televisión paga, puesto que las dos plataformas compiten entre sí por difundir contenidos similares.

Plataformas como Netflix se han calado rápidamente en las preferencias de los usuarios, consultando en la página web de la compañía se puede apreciar una estadística sobre las conexiones que usan los usuarios de Netflix en Ecuador.

ECUADOR

ISP LEADERBOARD - OCTOBER 2016						
RANK	ISP	SPEED Mbps		PREVIOUS Mbps	RANK CHANGE	TYPE
						Fiber Cable DSL Satellite Wireless
1	Netlife	3.02	<div></div>	3.33		
2	Claro	2.83	<div></div>	2.82		
3	TVCable	2.75	<div></div>	2.72		
4	ETAPA	1.88	<div></div>	1.83		
5	CNT	1.80	<div></div>	1.73		
6	PuntoNet	1.65	<div></div>	1.63		



Figura 38.- Conexiones que utilizan en Ecuador para conectarse a Netflix.

Fuente: <https://ispspeedindex.netflix.com/country/ecuador/#>

5.4.3.2. Servicio de Acceso a Internet

Para que se pueda ofrecer el servicio de Internet a través de la red HFC es posible tomar uno de estos canales de 6 MHz de ancho de banda y compartirlo con un grupo de usuarios para el acceso a Internet, sin que se vea afectado ninguno de los otros canales. El usuario podrá acceder a servicios de correo electrónico, transferencia de archivos, e- gobierno, redes sociales, tele-educación, contenidos multimedia, juegos en red, etc.

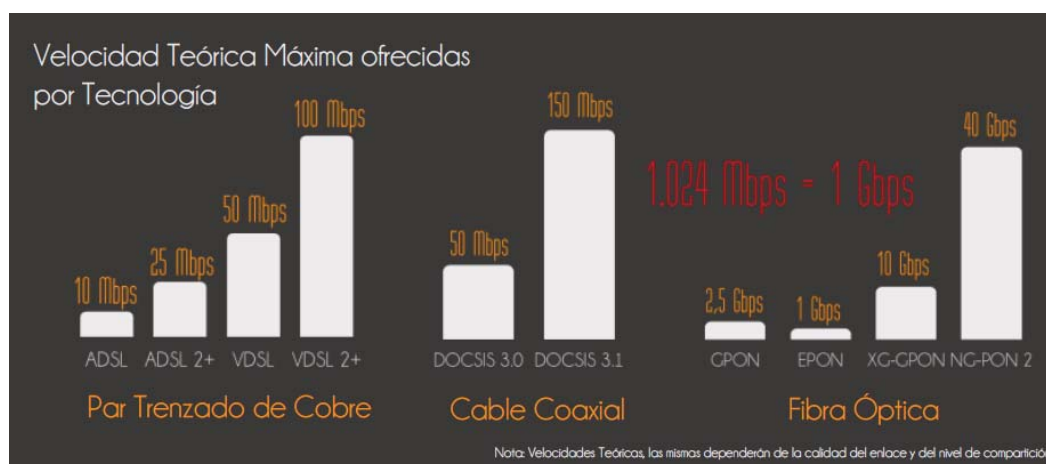


Figura 39.- Comparativo de velocidades por tecnología.

Fuente: Boletín Estadístico No. 6 ARCOTEL

Regulatoriamente Ecuador está preparado para la migración de las redes HFC, puesto que desde la Ley Orgánica de Telecomunicaciones se consagra la convergencia y neutralidad de tecnologías y equipos. Disponer de normativa adecuada, es un requisito importante para incursionar en un nuevo giro de negocio, pues de esta forma se dispone de las reglas claras del juego, así como los derechos y obligaciones que como poseedor de un título habilitante debe acatar.

Conforme la normativa vigente en el país²⁵, para constituirse en un proveedor de acceso a Internet se requiere obtener el respectivo título habilitante otorgado por la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones. Las condiciones de este título habilitante se detallan en la tabla 10.

Duración del título habilitante:	15 años
Tipo de título habilitante:	Registro
Plazo de inicio de operaciones:	1 año
Área geográfica a asignarse para la prestación del servicio:	Puede ser de ámbito: Nacional Regional (una o más provincias) Cantonal (cantones de distintas provincias) Local cantonal (uno o más cantones dentro de la misma provincia)
Derechos por otorgamiento del título habilitante:	\$500

Tabla 10.- Condiciones del título habilitante.

Fuente: Elaboración propia.

Además el Reglamento OTH²⁵, prevé requisitos específicos adicionales para otorgar el título habilitante, entre los que se menciona:

- Diagrama esquemático y descripción técnica detallada del sistema;
- Descripción de los enlaces requeridos hacia y desde el o los nodos principales para el transporte de información internacional necesaria para la prestación de su servicio y entre los nodos principales y secundarios para el caso de enlaces nacionales en caso de requerirlo;
- Identificación de requerimientos de espectro radioeléctrico, solicitando el título habilitante respectivo según los procedimientos determinados en el reglamento pertinente. Para efectos de conexión se aplicará lo dispuesto en el respectivo reglamento;

²⁵ Reglamento para otorgar títulos habilitantes para Servicios del régimen general de telecomunicaciones y frecuencias del espectro radioeléctrico (2016). ARCOTEL.

- Ubicación geográfica inicial del sistema, especificando la dirección de cada nodo;
- Descripción técnica de cada nodo del sistema.

Considerando que los cableoperadores locales ya disponen de una infraestructura instalada para utilizarla para proveer acceso a Internet, requieren obtener el respectivo título habilitante para el servicio Portador, el cual tiene una vigencia de 15 años. Un portador con cobertura nacional debe pagar un valor por derecho de concesión de \$250.000; mientras que si son de carácter regional el valor por derechos de concesión varía dependiendo de la provincia, como se muestra a continuación:

PROVINCIA	VALOR DE DERECHOS DE OTORGAMIENTO [USD]
RESTO DE AZUAY	5.000
CUENCA	19.000
BOLÍVAR	5.000
CAÑAR	5.000
CARCHI	5.000
CHIMBORAZO	7.000
COTOPAXI	6.000
EL ORO	9.000
ESMERALDAS	6.000
GALÁPAGOS	5.000
GUAYAQUIL	74.000
RESTO DE GUAYAS	10.000
IMBABURA	6.000
LOJA	7.000
LOS RÍOS	6.000
MANABÍ	12.000
MORONA SANTIAGO	5.000
NAPO	5.000
ORELLANA	5.000
PASTAZA	5.000
QUITO	111.000
RESTO DE PICHINCHA	14.000
SUCUMBÍOS	5.000
TUNGURAHUA	11.000
ZAMORA CHINCHIPE	5.000
SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS	5.000
SANTA ELENA	5.000

Tabla 11.- Derechos de otorgamiento para Portadores.

Fuente: Elaboración propia.

5.5. ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA

5.5.1. Viabilidad Técnica

Desde el punto de vista técnico las redes HFC para proveer televisión por suscripción tendrán una evolución inaplazable hacia el multiplay, adaptando su infraestructura para la provisión de diversos servicios. Considerando su topología original, figura 40, se puede apreciar el potencial para la optimización de la red implementada.

Su principal competidor son los proveedores tradicionales de redes de fibra a casa (FTTH) que aseguran a los potenciales clientes que dicha solución es la única que puede satisfacer las necesidades de video, voz y banda ancha.

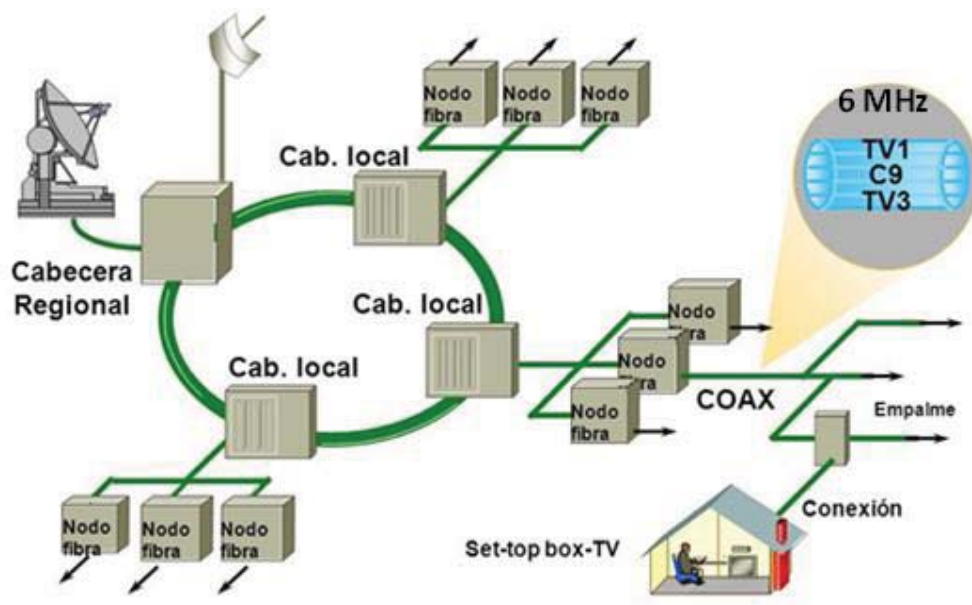


Figura 40.- Topología de Red HFC para provisión de TV paga.

Fuente: Introducción a la Telemática²⁶

El usuario de hoy tiene a su disposición una gama de servicios a los que puede acceder, como canales de alta definición, streaming de vídeo, y una proliferación de aplicaciones para multipantallas. Como resultado, los clientes demandan nuevas experiencias, para lo cual requieren cada vez una mayor capacidad y rendimiento de las redes de acceso

²⁶ Introducción a la Telemática (2000). Recuperado de <http://slideplayer.es/slide/106790/>

híbrido de fibra coaxial (HFC). Es importante indicar que esta tendencia continuará su vertiginoso crecimiento, más aún cuando el Internet de las cosas es el futuro inmediato de la tecnología.

Por tanto el reto de los cableoperadores locales es convertir sus redes HFC en redes de acceso de calidad, con un rendimiento y capacidad de gestión eficientes, a fin de satisfacer las expectativas de los clientes.

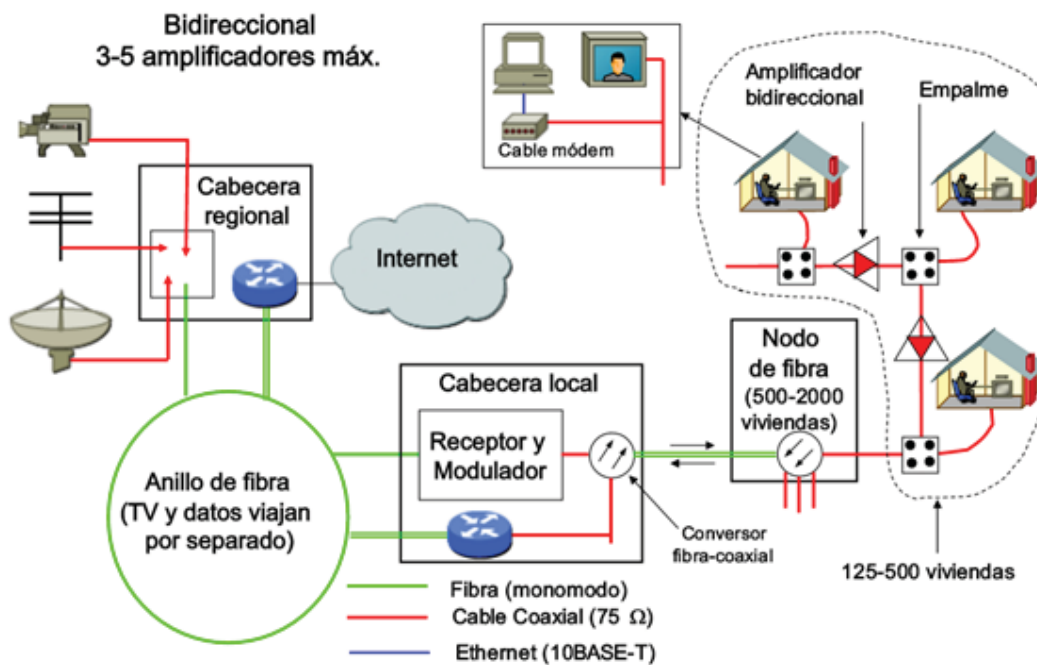


Figura 41.- Topología de Red HFC para provisión de servicios multiplay.

Fuente: Introducción a la Telemática²⁷

Previo la implementación de servicios adicionales sobre una red HFC de un proveedor de audio y video por suscripción, es indispensable efectuar un análisis de la infraestructura que se encuentra instalada, con la finalidad de identificar las necesidades de equipamiento adicional.

En un diseño es de vital importancia saber la magnitud de lo que se requiere, los alcances y las limitaciones, por tanto en base a las características del CMTS, se calculara el total

²⁷ Introducción a la Telemática (2000). Recuperado de <http://slideplayer.es/slide/106790/>

de usuarios al cual se encuentra limitado bajo el (sistema de terminación de cable módems). Para lo cual se debe considerar:

- El ancho de banda de cada usuario
- Compartición
- Especificaciones del CMTS de acuerdo al fabricante



Figura 42.- Equipamiento adicional

Fuente: CISCO

Si el proveedor excede este número de usuarios por CMTS, comenzara a tener problemas de saturación, por ende los usuarios conectados a él se vendrán afectados en sus servicios.

En el lado del usuario el equipo indispensable es el cable módem, los cuales varían en su costo dependiendo de las interfaces que soportan y puertos disponibles. No obstante las características básicas que deben tener son:

- Compatibilidad con estándar DOCSIS 2.0 y 3.0
- Conectividad a Internet de banda ancha
- Puerto de acceso inalámbrico 802.11 n
- Firewall
- Puertos Ethernet para conectividad con cable

Adicionalmente existen equipos en el mercado con características adicionales como control parental configurable, etc.

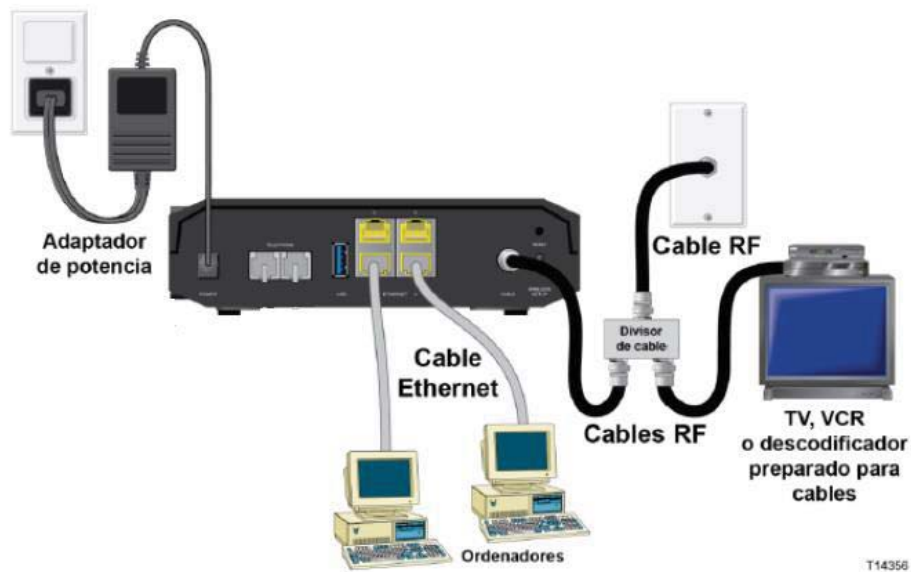


Figura 43.- Equipamiento en el lado del usuario

Fuente: CISCO

Proveer el servicio de Acceso a Internet es indispensable la habilitación de un canal de retorno desde el usuario al Head End, así como una mayor velocidad y capacidad de red. Físicamente esto se traduce en sustituir los Amplificadores unidireccionales por bidireccionales, utilizando el espectro de 5 y 42 MHz para el canal ascendente. El canal de retorno de cada suscriptor se superponen al llegar al Nodo Óptico, compartiendo y conformando el canal de 37MHz del canal de retorno entre los clientes, todos estos canales se multiplexan en frecuencia (FDM) en el Nodo Óptico, esto quiere decir que cada uno tendrá una frecuencia distinta para poder viajar por el mismo cable de fibra óptica hasta el Head End.

La asignación de espectro para las redes de cable va desde los 5 MHz a los 860 MHz, en la figura 42 se ilustra la distribución para canal ascendente y descendente. El canal ascendente (upstream) se utiliza para el canal de retorno, es decir para la comunicación entre el usuario y el Head End, este canal es el más susceptible al ruido, razón por la cual se trata de no usar las frecuencias entre 5 MHz y 25 MHz.

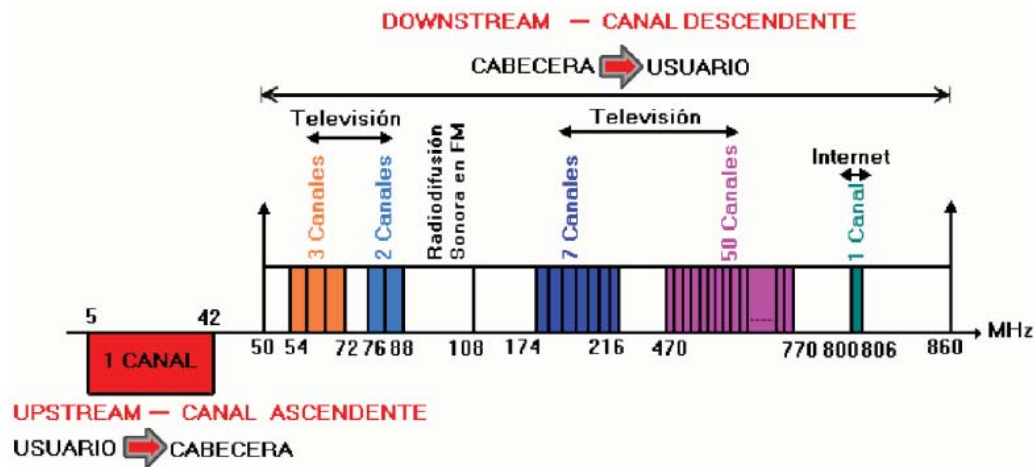


Figura 44.- Espectro para red HFC bidireccional

Fuente: Donoso, José; 2012

El canal de retorno de las redes es el más propenso a verse afectado por los ruidos del abonado, ya que por el efecto embudo donde todas las señales convergen en un solo punto el ruido recogido en la red afecta a todos los usuarios que convergen en los puntos comunes.

El balanceo de red es un punto crítico tanto para el canal *downstream* como para el *upstream*, es decir, entregar a la salida de los amplificadores la potencia especificada en los planos, la entrada mínima de potencia de un amplificador debe ser la especificada en las características técnicas del equipo, esto puede variar de acuerdo al fabricante.

Balancear la red significa asegurar los niveles adecuados de C/N (>43 dB), compuesto de según orden CSO y Triple batido compuesto CTB (>51 dB).

Los valores obtenidos a la salida del amplificador consiste en la variación de los ecualizadores o atenuadores utilizados en cada una de las etapas de amplificación.

Además se debe mantener la pendiente adecuada para compensar el efecto del cable de modo que la señal ingrese al amplificador “plana”, esto es con niveles de potencia RF iguales en todas las frecuencias, para lo cual es necesario medir el nivel en el canal de televisión más bajo y en el más alto de acuerdo con la frecuencia máxima de la red, para determinar la pendiente entre ambas y calcular el ecualizador que generará una respuesta plana en todas las señales del sistema, en otras palabras se deben ecualizar las frecuencias bajas para que estén en igual valor que las altas, esto es debido a que las pérdidas

dependen de la frecuencia de cada canal y de la distancia desde el usuario hasta el elemento activo.

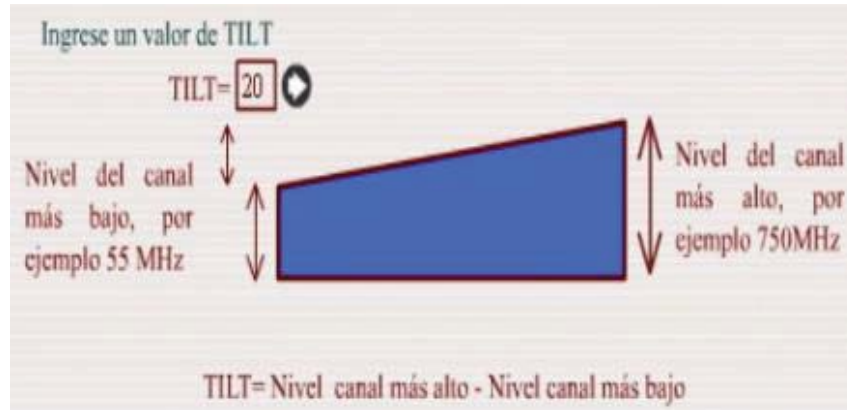


Figura 45.- Pendiente

Fuente: Cable Servicios

El proceso de balanceo para cada uno de los canales *upstream* o *downstream* se realiza de forma independiente, para manejar determinados niveles de señal en diferentes puntos de la red y garantizar con ello servicios de televisión y datos de excelente calidad.

La migración de una red HFC concebida para televisión por suscripción a una red de acceso a Internet es plenamente viable desde el punto de vista técnico, para lo cual es necesario dimensionar eficientemente los requerimientos de infraestructura. No obstante la migración de estas redes se torna inaplazable considerando la tendencia a la extinción de los servicios de televisión por suscripción, que poco a poco han sucumbido ante servicios como OTT, VoD, streaming de video, juegos en línea, etc.

Desde este punto de vista son más los pros que los contras de una migración a una red HFC multiplay, entre los que se puede mencionar:

- Captación de nuevos clientes y fidelización de los actuales, debido a las nuevas prestaciones de la red HFC existente
- Mejora el rendimiento general de la red de acceso HFC, desde la cabecera hasta el concentrador.
- Acelera su evolución a las arquitecturas y servicios DOCSIS 3.1 de última generación
- Inversión a futuro.

5.5.2. Viabilidad económica

Considerando el enfoque del presente trabajo no es pertinente efectuar una estimación de los costos de implementación del servicio de Acceso a Internet sobre una red HFC, debido a que las variables más importantes a tomar en cuenta son genéricas, puesto que el presente análisis no es el caso de estudio para la migración de un proveedor en particular.

Según la ARCOTEL las conexiones a Internet fijo a través de un medio de transmisión HFC, se encuentran disponibles únicamente en 9 de las 24 provincias de Ecuador. Cabe señalar que el 100% de estas conexiones HFC para acceso a Internet son provistas por operadores de audio y video por suscripción. (Boletín Estadístico No. 6, 2015)

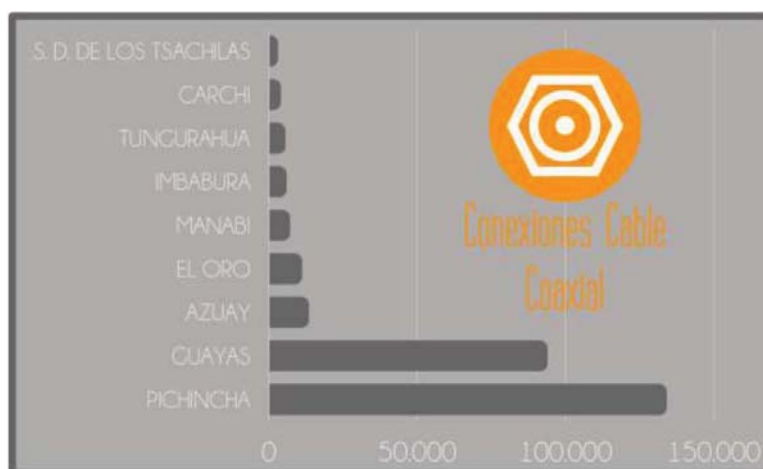


Figura 46.- Conexiones HFC a nivel nacional.

Fuente: Boletín Estadístico No. 6 ARCOTEL

La figura 46 refleja el nicho de mercado al que está enfocado el presente análisis, es decir, aquellas provincias que disponen de cobertura del servicio de audio y video por suscripción en modalidad de cable físico, que generalmente sirven a zonas no muy apetecidas por los grandes proveedores por su ubicación. La ventaja evidente es que dichos proveedores de SAV ya disponen de una red base sobre la que se implementaría el equipamiento adicional.

En este sentido la variación de la inversión, dependería básicamente de la robustez de la red HFC original, puesto que sería un factor determinante para establecer los equipos que deben ser sustituidos o incrementados.

Para calcular los costos asociados con esta implementación se debería valorar las inversiones de capital en equipos y redes (CAPEX) y los costos operacionales (OPEX).

Dentro de los costos de capital (CAPEX) se debería considerar todos aquellos gastos de capital, al tratarse de redes que ya disponen de una infraestructura base, se considerarán únicamente el equipamiento adicional para la provisión de acceso a Internet, esto es, el CMTS, la interconexión de nodos a través de fibra óptica y cable coaxial RG500 y los equipos a nivel de usuario.

Cabe señalar que la inversión en equipamiento de los cableoperadores locales, dependerá de la red disponible; sin embargo existe equipos como los CMTS y CM, indispensables para la convergencia de la red. En la figura 47, se presenta un CMTS y CM de la marca Cisco.

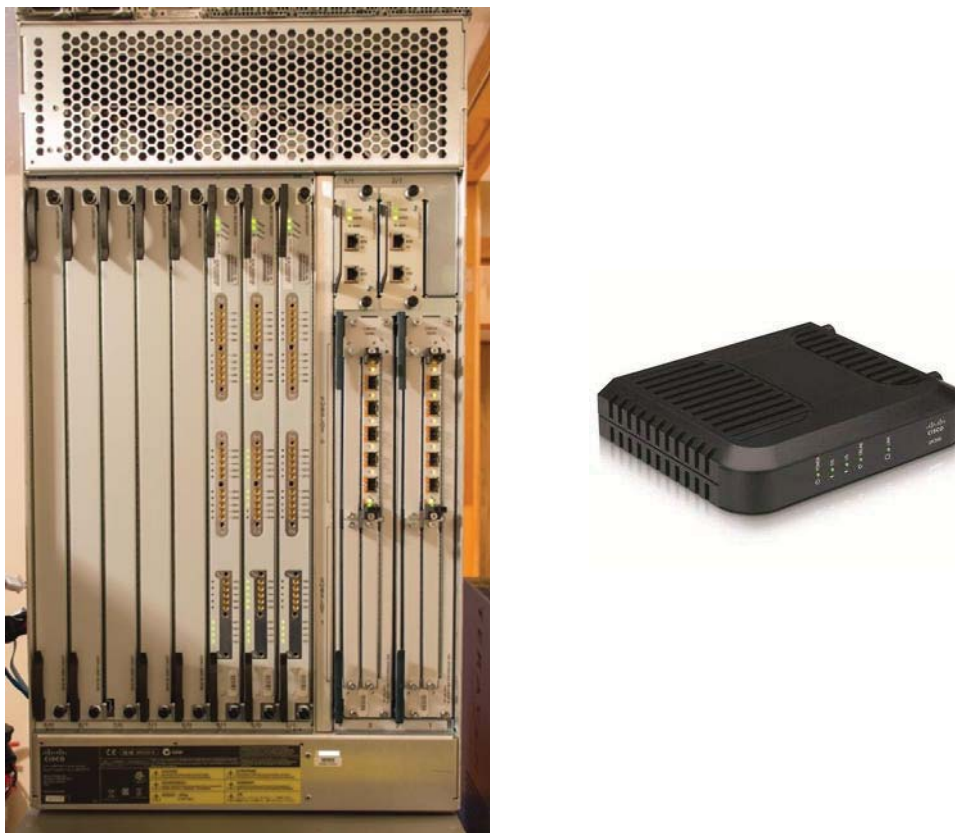


Figura 47.- CMTS y Cable Modem marca CISCO.

Fuente: Brochure CISCO

Por otro lado para los costos operacionales (OPEX) se debería considerar todos los costos por operación, mantenimiento y administración, esto incluye personal técnico, equipos informáticos, servicios básicos, publicidad, etc.

Los costos de los equipos en el mercado varían de acuerdo a la marca y características de operatividad que ofrecen. Cabe señalar que debido a las políticas en materia tributaria del país, el costo del equipamiento tecnológico ha sufrido un incremento considerable. En la tabla 12 se presenta una estimación de los equipos CMTS y CM de la marca cisco.

EQUIPO	DESCRIPCIÓN		VALOR
CMTS Cisco UBR 10012	1	Cisco UBR 10012 Router	USD. 19.000,00
	1	Fan Tray	
	2	UBR 10-DTCC	
	2	PRE-4-Router Processor	
	2	Wideband SAP	
	1	UBR-MC20X20V-20D	
	2	Wideband SIP	
	2	PWR-AC-PLUS (200-240 V)	
Cable modem Lynksys	1	Cisco Advanced DOCSIS 3.0 DPC3008	USD. 40,00

Tabla 12.- Precio de un CMTS marca CISCO.

Fuente: e-Bay (2016)²⁸

Es importante precisar que los valores indicados en la tabla 12, corresponden al precio indicado por el proveedor en Estados Unidos. Por tanto para estimar un valor del equipamiento ya en el país se efectuaron las siguientes consideraciones:

	CMTS	CABLE MODEM
Valor FOB	USD. 19.000,00	USD. 40,00
Costo de envío	USD. 2.500,00	USD. 36,50
Valor CIF	USD. 21.500,00	USD. 76,50
ADVALOREN (10%)	USD. 2.150,00	USD. 7,65
FODINFA	USD. 107,50	USD. 0,38
IVA (12%)	USD. 3.326,05	USD. 11,83
TOTAL	USD. 27.083,55	USD. 96,36

Tabla 13.- Estimación de costos de un CMTS y Cable Modem marca CISCO.

Fuente: Elaboración propia

²⁸e-Bay (2016). Recuperado de http://www.ebay.com/itm/Cisco-uBR10012-CMTS-CA-Plus-Bundle-2x-ESR-PRE4-3x-UBR-MC20X20V-20D-2x-5X1GE-V2-/232100821775?_trksid=p2141725.m3641.l6368#shpCntId

Los valores FOB fueron consultados en ofertas de proveedores en Estados Unidos, por tanto el costo de envío es el estipulado por el proveedor para el envío del equipamiento hasta Ecuador. Para la nacionalización del equipamiento se consideraron los rubros correspondientes a la partida arancelaria del equipamiento de acuerdo a la normativa emitida por el Organismo competente en el país (SENAE); obteniéndose al final un valor estimado de cada equipo.

Del análisis expuesto se considera que la migración de una red HFC para la provisión de Internet es económicamente viable, debido a que cada operador local tiene su segmento de mercado plenamente identificado, lo que le permitirá captar nuevos clientes, pero sobre todo fidelizar los actuales.

Respecto a los costos de inversión en equipamiento se concluye que dependerán estrictamente de la calidad de la red base HFC sobre la cual se implementará la nueva solución; sin embargo se debe resaltar que todo esfuerzo será compensado plenamente, considerando que el mercado de la televisión por suscripción va camino a la extinción.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- La implementación de acceso a Internet sobre redes HFC de operadores de televisión por suscripción en modalidad de cable físico en Ecuador es una alternativa tecnológica actualmente implementada para servir a grandes ciudades, debido al giro del negocio que representa la explotación de la misma infraestructura para la provisión de más de un servicio. No obstante del análisis efectuado, se evidencia que aproximadamente el 60% de provincias a nivel nacional tienen este nicho de mercado disponible.
- Considerando el vertiginoso ascenso en la preferencia de los clientes de servicios como OTT, VoD, TV Everywhere que pueden ser visualizados en múltiples pantallas, la línea de vida para la explotación del servicio de televisión pagada que ofrecen contenidos similares, se encuentra en la recta final, razón por la cual es indispensable que los cableoperadores locales aceleren su migración hacia redes convergentes.
- Desde el punto de vista técnico es factible la implementación de acceso a Internet sobre las redes HFC de los cableoperadores locales, considerando que en el

mercado se dispone del equipamiento requerido para potencializar las distintas etapas de la red; y que al masificar la producción de estos equipos los costos se han reducido considerablemente. Además es importante resaltar que el estándar DOCSIS que proporciona los requisitos de la interfaz de comunicaciones y operaciones para datos sobre sistemas de cable está en constante evolución, propendiendo a mejorar la experiencia del usuario, incrementando la capacidad de la red hacia una simetría de las velocidades upstream y downstream ofrecidas.

- Sobre el análisis de la información estadística mensual que proporciona la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, se identificó que los operadores locales de audio y video por suscripción en modalidad de cable físico sirven en gran parte a zonas rurales, donde el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones no es rentable para los grandes proveedores de servicios; por lo que promover la adopción de alternativas tecnológicas como HFC para acceso a Internet contribuye a la disminución de la brecha digital y promueve el cumplimiento del Plan Nacional de Telecomunicaciones y Plan Nacional de Banda Ancha.
- La migración de las redes HFC se encuentra armonizada a nivel internacional, ya que dispone de estándares como DOCSIS 3.0 y superiores, que establecen la interoperabilidad de las redes con antiguas versiones, así como las características técnicas del equipamiento requerido y la funcionalidad de los mismos. Además es importante mencionar que DOCSIS se encuentra en constante evolución, puesto que el objetivo es proveer mayores velocidades de acceso a Internet para los usuarios, equiparando las velocidades provistas por su competidor natural las redes FTTH.
- La normativa vigente en el país promueve la neutralidad tecnológica y de red, impulsando la explotación de las redes HFC para provisión de acceso a Internet; no obstante para operar en el marco de la Constitución de la República, para proveer cualquier servicio de telecomunicaciones es necesario obtener el respectivo título habilitante que para el caso de un ISP corresponde a un permiso (registro).
- Desde el punto de vista del usuario, el ingreso en el mercado de nuevos proveedores de acceso a Internet se traduce en oferta de tarifas competitivas, es decir, un decremento de los precios de acceso a Internet de Banda Ancha. Esto a su vez permite la masificación del acceso a la banda ancha, propiciando el despliegue de nuevas redes.
- La convergencia de las redes HFC para proveer servicios multiplay permitirán a los cableoperadores satisfacer la demanda de nuevas experiencias de sus usuarios;

promoviendo la fidelización de los clientes actuales e impulsando la captación de nuevos.

- Es indispensable una adecuada gestión del CMTS y cable módems, puesto que una mala configuración podría provocar problemas en la red, además de generar vulnerabilidades para accesos no autorizados.

6.2. RECOMENDACIONES

- Considerando que las redes HFC constituyen una evolución tecnológica propia de las redes de cable coaxial ya instaladas, se recomienda a los operadores de servicios de audio y video por suscripción analizar el contenido del presente informe con la finalidad de explorar los nichos de mercado a los que podrían enfocar su negocio.
- Como alternativa para la reducción de la inversión inicial o para proveedores que no dispongan del financiamiento suficiente, se sugiere optar por equipamiento CMTS y cable módem mínimo de versión DOCSIS 2.0 para el Head End de la red de cable del operador y en las instalaciones de los abonados, respectivamente, esto considerando que desde esta versión del estándar se puede tener un flujo de retorno con soporte de Datos y Voz en la red HFC.
- Es importante considerar que previa la selección del cable módem para el usuario, se debe considerar el equipo CMTS seleccionado, puesto que siendo los equipos más importantes de la red su operación requiere un sincronismo preciso, por tanto las versiones de DOCSIS soportadas deben ser plenamente compatibles.
- Se recomienda contar con personal calificado para la configuración de los CMTS y cable módem; así como para el balanceo de la red una vez que dichos elementos hayan sido incorporados en la red HFC. Contar con personal capacitado constituye una inversión necesaria para evitar interrupciones del servicio, y en que en caso de presentarse se logre la reactivación de los servicios en el menor tiempo posible, con las menores afectaciones para los usuarios y al menor costo.

Bibliografía:

- [1] Asamblea Constituyente del Ecuador (2008), Constitución Política de la República del Ecuador, Título VII, Régimen del buen Vivir, Capítulo II Biodiversidad y Recursos Naturales, Art 395. Montecristi Ecuador
- [2] Curwen, P., & Whalley, J. (2016). The licensing of mobile operators in European markets and the consequences of new entry for competition. *in* *ijJ*, 16-37.
- [3] Paliza, F. Á. (2011), Redes de Área Local (LAN) Modelo IEEE. UCLV.
- [4] Jiménez, Gerald (2007) Vulnerabilidades de Seguridad en el Servicio de Internet de Banda Ancha en Redes HFC: Impacto y Posibles Soluciones. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- [5] Lozano, Constanza; Cable Servicios S.A. (2015) América Latina: TV por Suscripción llegará a 111,42 millones de usuarios en el 2018. Recuperado el 01 de noviembre de 2016, de <http://cableservicios.com/blog/blog/america-latina-tv-por-suscripcion-llegara-a-11142-millones-de-usuarios-en-el-2018/>
- [6] Lozano, Constanza; Cable Servicios S.A. (2015, noviembre) NexTV Summit Colombia 2015: conclusiones sobre el futuro de la TV. Recuperado el 01 de noviembre de 2016, de <http://cableservicios.com/blog/blog/nextv-summit-colombia-2015-conclusiones-sobre-el-futuro-de-la-tv/>
- [7] Carrión, Hugo; Centro de Investigación para la Sociedad de la Información (2015), Consultoría sobre Televisión Digital Terrestre (TDT).
- [8] Pyramid Research (2013); Latin America Operators Turn to Multiplay Packages and Bundles as Market Intensifies. Recuperado el 01 de noviembre de 2016, de <http://www.prnewswire.com.br/es/Releases/operadores-de-america-latina-se-vuelcan-a-paquetes-y-conjuntos-multiplay-a-medida-que-el-mercado-se-intensifica>
- [9] Méndez, Víctor (2014), Estándar DOCSIS 3.0 ofrece ventajas en Triple Play, flexibilidad y ancho de banda. Recuperado el 01 de noviembre de 2016, de <http://searchdatacenter.techtarget.com/es/opinion/Estandar-DOCSIS-30-ofrece-ventajas-en-Triple-Play-flexibilidad-y-ancho-de-banda>.

- [10] Ramírez, Jairo (2014), Red CATV. Recuperado el 01 de noviembre de 2016, de <https://prezi.com/nm9ueh3svde2/red-catv/>
- [11] ARCOTEL (2015), Boletín Estadístico del Sector de Telecomunicaciones No. 4: Telefonía fija, Audio-Video por suscripción y Radio-TV
- [12] ARCOTEL (2015), Boletín Estadístico del Sector de Telecomunicaciones No. 6: Internet.
- [13] B. Bureau, (2014), BB-NEW MEDIA BOOK 2014. Recuperado el 01 de noviembre de 2016, de <http://businessbureau.com/bb-new-media-book/>.
- [14] Universidad Oberta de Catalunya. Implementación DOCSIS 3.0 sobre redes HFC
- [15] Universidad Politécnica Salesiana (2010), Propuesta de factibilidad técnico económico para la implementación de una red de acceso con tecnología GPON para brindar servicio triple play en la ciudad de Cuenca.
- [16] Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones – ARCOTEL. (2016). Reglamento para la prestación de servicios de telecomunicaciones y de servicios de radiodifusión por suscripción.
- [17] Gil, P., Pomares, J., & Candelas, F. (2010). *Redes y transmisión de datos*. Alicante: Universidad de Alicante.
- [18] De León, O. (2009). Perspectivas de las tecnologías de telecomunicaciones y sus implicancias en los mercados y marcos regulatorios en los países de América Latina y el Caribe. Recuperado en octubre de 2016, de <http://www.eclac.org>
- [19] CABLE TELEVISION LABORATORIES, I. 2007. DOCSIS: Documentación y Especificaciones.
- [20] CABLE TELEVISION LABORATORIES, I. 2008a. Cable Modem to Customer Premise Equipment Interface Specification.
- [21] CABLE TELEVISION LABORATORIES, I. 2008b. Cable Modem to Customer Premise Equipment Interface Specification.
- [22] CABLE TELEVISION LABORATORIES, I. 2009a. Data-Over-Cable Service Interface Specifications DOCSIS 3.0. Physical Layer Specification [Online]. [Accessed].

- [23] CABLE TELEVISION LABORATORIES, I. 2009b. Data-Over-Cable Service Interface Specifications DOCSIS 3.0. Radio Frequency Interface Specification.
- [24] CABLE TELEVISION LABORATORIES, I. 2010a. Data-Over-Cable Service Interface Specifications Downstream RF Interface Specification.
- [25] CABLE TELEVISION LABORATORIES, I. 2010b. DOCSIS 3.0. CABLE TELEVISION LABORATORIES, I. 2010c. MAC and Upper Layer Protocols Interface Specification.